

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+i DEL COMPLEJO AEROSPACIAL VENEZOLANO



Rigoberto Antonio Rojas
Yennys Alvorada Olivares



**ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+i DEL COMPLEJO
AEROESPACIAL VENEZOLANO**

**Ecosistema Integrado F+I+D+i del Complejo
Aeroespacial Venezolano**

Rigoberto Antonio Rojas

Yennys Alvorada Olivares

Primera edición: Junio, 2026

Maracay, Venezuela

Depósito Legal: **AR2026000167**

ISBN: **978-980-454-059-2**



<https://escribaescueladeescritores.org/home#publicaciones>



Se permite copiar, distribuir, comunicar públicamente y adaptar esta obra, siempre que se reconozca adecuadamente la autoría, no se haga con fines comerciales y las obras derivadas se compartan con la misma licencia.

Portada: Gemini AI

Formato Electrónico: Nohelia Alfonso

Revisión General: Crisálida Villegas

Libro arbitrado por pares ciegos

**Colección de Estudios Culturales
Serie Educación y Sociotecnociencia
Volumen 7, Número 7, Año 2026**

Es una publicación correspondiente a la colección de libros arbitrados del Sello Editorial Escriba. Escuela de Escritores, dirigida al público general que tiene como propósito divulgar saberes culturales, educativos y socio tecnocientíficos.



***Escriba* ESCUELA DE ESCRITORES**

AUTORIDADES

Crisálida Villegas

Presidente – Directora General

Nohelia Alfonso

Directora Académica

Rosa B. Pérez

Secretaria

COMITÉ EDITORIAL

Sandra Salazar (FEREDIT, Venezuela)

Rosy León (REDIT, Chile)

Ibaldo Fandiño (UNIATLÁNTICO, Colombia)

Daniel Román (PLAGCIS, Colombia)

Claudia Zuriaga (UIDE, Ecuador)

Arturo Dávila (UNIVERSIS, Ecuador)

Carlos Viltre (CESPE, Cuba)

ÍNDICE DE CONTENIDO

		pp.
	Epígrafe	<u>7</u>
	Presentación: el manifiesto del vuelo	<u>8</u>
	Introducción	<u>9</u>
I	El despegue del pensamiento	<u>12</u>
	Las pistas de las tensiones aeroespaciales	<u>13</u>
	Paradoja venezolana	<u>17</u>
	Cultura organizacional del sector aeroespacial	<u>24</u>
II	Mapas celestes del saber	<u>30</u>
	Trayectorias previas	<u>31</u>
	Aprendizaje basado en proyecto	<u>33</u>
	Sistemas complejos	<u>39</u>
	Conectivismo	<u>42</u>
	Transdisciplinariedad	<u>45</u>
	Innovación social	<u>47</u>
	Desarrollo endógeno	<u>50</u>
	Constelaciones programáticas	<u>54</u>
	Controles legales para el despegue	<u>77</u>
III	Voces del hangar	<u>84</u>
	Diseño de la nave	<u>85</u>
	Protocolo de vuelo	<u>86</u>
	Ecos del ensamblaje	<u>86</u>
	Bitácoras vivas	<u>98</u>
	Integración reflexiva de la mixtura	<u>111</u>
IV	Orbitas emergentes	<u>114</u>
	Encendido de motores	<u>115</u>

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

	Vectores de impulso	<u>117</u>
	Maniobras de trayectorias	<u>119</u>
	Arquitectura orbital del ecosistema de formación-innovación	<u>123</u>
V	Rumbo a la soberanía	<u>141</u>
	Aterrizaje exitoso	<u>142</u>
	Reencender motores	<u>145</u>
	Referencias	<u>149</u>

ÍNDICE DE TABLAS

No.		pp.
1	Trayectorias previas	<u>31</u>
2	Categorías emergentes	<u>98</u>

EPÍGRAFE

**“Las Naciones marchan
hacia el término de su grandeza
al paso mismo con que camina
su educación”**

Simón Bolívar

PRESENTACIÓN: MANIFIESTO DEL VUELO

La obra que se presenta aborda la singularidad que actualmente define al sector aeroespacial venezolano, el cual, a pesar de contar con hitos simbólicos como los satélites Simón Bolívar y Miranda, carece de un ecosistema integrado que permita sostener y profundizar dichas capacidades de manera endógena.

Dado que esta contradicción no es meramente operativa, sino que posee profundas raíces organizativas, que han perpetuado una fragmentación crítica entre los actores clave, el libro busca llenar ese vacío al configurar un ecosistema que articule de forma sinérgica la formación, la investigación y la innovación.

La necesidad el libro que hoy presentamos a la comunidad académica son evidentes, al examinar la docencia y la investigación del talento humano en formación en las instituciones educativas civiles y militares que aportan al desarrollo de la industria

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

aeroespacial venezolana, dado que el espacio se ha consolidado como un dominio estratégico de primer orden.

En tal sentido, la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (FANB), como principal usuario de estas tecnologías, enfrenta una dependencia crítica al carecer de capacidades endógenas para el desarrollo de sistemas complejos, limitándose a la mera adaptación de equipos importados.

Por lo tanto, aspiramos que los aportes del texto puedan constituirse en fundamentos para fortalecer la soberanía tecnológica en el ámbito castrense, articulando instituciones como la Universidad Militar Bolivariana (UMBV), el Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC) y la UNEFA con los talleres y centros de simulación de la FANB; con una gobernanza policéntrica que incentive la colaboración y alinee las rutas curriculares para la conformación de un complejo aeroespacial en Venezuela, generando ciclos de aprendizaje colectivo y transformación social.

El texto representa el compromiso ético y

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

político, de sus autores, como una vía indispensable para repensar el desarrollo científico-tecnológico en contextos periféricos orientados al bien común, en un campo tan estratégico como el aeroespacial históricamente asociado a lógicas excluyentes, centralizadas y dependientes.

Por ello, se asume el reconocimiento de los saberes locales como fuentes legítimas de conocimiento, como aportes constitutivos de una ciencia y una tecnología situadas, críticas y comprometidas con las necesidades colectivas. En este sentido, la articulación entre academia, investigación, desarrollo e innovación permite aprovechar el potencial formativo y técnico de las universidades, generando sinergias con el sector productivo.

Desde este enfoque colaborativo no solo promueve la transferencia de conocimiento y el uso compartido de infraestructura, sino que también garantiza la viabilidad técnica, logística y financiera del complejo aeroespacial, con la participación de actores militares y privados que aportan experiencia

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

operativa, recursos estratégicos y visión de largo plazo.

En suma, se busca posicionar al país como un referente regional en innovación aeroespacial, mediante un ecosistema de integración institucional que potencia el desarrollo de sistemas aeronáuticos y aeroespaciales, fortaleciendo la autonomía tecnológica y generando soluciones sostenibles para los desafíos del siglo XXI.

INTRODUCCIÓN

En un mundo caracterizado por la creciente competencia tecnológica y la reconfiguración del orden internacional hacia un sistema multipolar, la soberanía tecnológica se ha convertido en un pilar fundamental para la autonomía estratégica de los Estados.

En este contexto, el desarrollo de capacidades endógenas en sectores críticos como el aeroespacial no solo representa un avance científico, sino también un instrumento de política pública orientado a garantizar la independencia en la toma de decisiones, la seguridad nacional y el impulso del desarrollo socioeconómico sostenible.

En países en vías de desarrollo, la construcción de un ecosistema tecnológico propio en el ámbito espacial exige la articulación sinérgica entre formación, investigación, desarrollo e innovación, superando visiones fragmentadas y adoptando enfoques sistémicos e integrados.

El complejo aeroespacial venezolano, aunque

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

incipiente en comparación con potencias espaciales consolidadas, ha transitado por una evolución institucional y técnica significativa en las últimas dos décadas. Se ha logrado la creación de organismos especializados, la implementación de programas satelitales y la puesta en marcha de infraestructuras de control terrestre y centros de investigación, que reflejan un esfuerzo deliberado por insertar al país en la era del conocimiento aeroespacial.

No obstante, persisten desafíos estructurales relacionados con la sostenibilidad de dichas iniciativas, la formación de talento humano especializado y la generación de innovaciones aplicables al contexto nacional. Estos retos exigen un replanteamiento estratégico que trascienda la mera adquisición de tecnología extranjera y se oriente hacia la construcción de capacidades endógenas, resilientes y autónomas.

Lo planteado resulta particularmente pertinente, si se considera que la institucionalidad espacial venezolana ha evolucionado desde comisiones interministeriales y centros precarios

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

hacia una agencia especializada con capacidad de planificación estratégica, operación de satélites y desarrollo de infraestructura científica.

Entre esta, la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), creada en 2007, que constituye el eje rector de esta política, al articular la ejecución de programas nacionales con la promoción de la investigación y la formación en ciencia y tecnología espacial.

Asimismo, la existencia del Centro de Investigación y Desarrollo Espacial (CIDE) y de estaciones terrenas distribuidas en el territorio nacional, lo que evidencia un esfuerzo por consolidar una base material y humana que sustente la autonomía en el uso del espacio ultraterrestre.

De allí que, la plena realización de estos avances depende de su vinculación funcional en un sistema integrado que vincule de manera orgánica la formación de talento, la investigación y la producción tecnológica, evitando la dispersión de recursos y la dependencia tecnológica externa.

Al hacerlo, no solo se contribuye al avance del

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

programa espacial nacional, sino que se avanza decisivamente hacia la consolidación de la soberanía tecnológica en un entorno geopolítico marcado por la interdependencia crítica y la competencia por el dominio de las tecnologías emergentes.

En este escenario, el acceso, la apropiación y la capacidad de innovar en torno a dichas tecnologías se convierten en factores determinantes de autonomía estatal. Por ello, integrar el desarrollo aeroespacial nacional a las dinámicas de las tecnologías emergentes no es una opción técnica, sino una necesidad estratégica para evitar la subordinación tecnológica y garantizar la participación de Venezuela en los flujos globales del conocimiento.

Ante este escenario, el texto tiene como brújula de vuelo presentar a la sociedad venezolana la configuración de un sistema integrado de formación, investigación, desarrollo e innovación como marco conceptual y operativo para fortalecer el complejo aeroespacial venezolano.

En correspondencia, busca articular los actores institucionales, académicos y productivos del sector bajo una lógica de cooperación sistémica, orientada a la generación de conocimiento aplicado, la transferencia tecnológica y la formación de talento especializado. De ahí que se asumió la complejidad como su fundamento, tal como ha sido desarrollado por Morin (1990).

En este contexto, el libro se estructura en cinco capítulos, a los que se denomina vuelo en función del lenguaje aeroespacial. El primer **vuelo, El despegue del pensamiento** inaugura el recorrido intelectual al situar las tensiones que define el orden multipolar actual, donde la soberanía tecnológica se erige como horizonte estratégico y ético. En este primer movimiento, se trazan las coordenadas contextuales que hacen pertinente y urgente repensar el desarrollo espacial nacional.

El segundo, **Mapas celestes del saber** se adentra en el firmamento que ilumina este empeño. Aquí se reconocen las trayectorias previas que han marcado el desarrollo espacial en Venezuela y en

otras naciones del sur global, para luego desplegar el radar que guiará la interpretación, un conjunto articulado de marcos conceptuales.

El tercero, **Las voces del hangar**, aborda el protocolo de vuelo, entendido como el conjunto de decisiones metodológicas que permiten navegar en una ruta flexible, reflexiva y situada para la construcción de conocimiento en un terreno complejo y en constante transformación. Así como ecos del ensamblaje y bitácoras vivas, que da cuenta del proceso de recolección y análisis de la información.

El cuarto, **Órbitas emergentes**, se inicia con el encendido de motores, presenta el núcleo propositivo del sistema integral de emergencia sinérgica (SIES). su capacidad para abordar la insuficiencia de los desafíos de la soberanía tecnológica en contextos periféricos, resignificando las interacciones actorales hacia una emergencia relacional.

Por último, el quinto, **Rumbo a la soberanía**, aborda el aterrizaje reflexivo, consolida donde

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

emergieron articulación de saberes y se formulan recomendaciones concretas, que proponen acciones orientadas a la integración efectiva de la formación, investigación, desarrollo e innovación, posicionando al complejo aeroespacial venezolano como un eje dinamizador de una soberanía tecnológica genuina y multipolar.

VUELO I EL DESPEGUE DEL PENSAMIENTO



En el primer horizonte se visualiza como un amanecer, la esfera cristalina de la integración y articulación de saberes flota como una matriz sobre el Waraira Repano: dentro de esta late un producto manifestado en conocimiento tejido con filamentos de ecuaciones, planos de satélites, rostros dialogantes y redes neuronales. Cada filamento alimenta al todo desde la parte y a la parte desde el todo, hasta que las manos de docentes, estudiantes e ingenieros presionan la superficie y, en un alumbramiento luminoso, nace el tercer espacio donde la disyunción muere y la transdisciplinariedad respira por primera vez.

El desarrollo aeroespacial constituye en el siglo XXI un indicador fundamental de las

capacidades tecnológicas de las naciones, representando lo que en su momento histórico significaron los programas nucleares o la conquista de los océanos para las potencias emergentes. De ahí que el propósito de este vuelo es el reflexionar acerca del despegue del pensamiento aeroespacial venezolano.

Las pistas de las tensiones aeroespaciales

En un mundo marcado por la aceleración tecnológica y la reconfiguración de los equilibrios de poder, el dominio del espacio y de la aeronáutica se ha convertido en un indicador inequívoco de soberanía estatal.

Como señala Castells (2010) las sociedades contemporáneas se estructuran en torno a redes de conocimiento y capacidad de innovación, donde los Estados que no logran insertarse en los flujos tecnológicos estratégicos quedan marginados del sistema internacional.

La geopolítica contemporánea ha redefinido el espacio como un dominio estratégico de primer orden. Tal como lo reconoce la Organización de las

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Naciones Unidas (ONU, 2022) el acceso al espacio ya no es un lujo de potencias tradicionales, sino una necesidad para cualquier Estado que aspire a participar en la gobernanza global, proteger sus recursos naturales mediante observación terrestre, garantizar comunicaciones seguras o defender su integridad territorial.

Sin embargo, el mercado aeroespacial global permanece altamente concentrado, según datos de la Space Foundation (2023) más del 70% del gasto mundial en actividades espaciales proviene de Estados Unidos, China y la Unión Europea, consolidando un oligopolio tecnológico que reproduce asimetrías históricas.

En este marco, la emergencia de un orden internacional multipolar, caracterizado por la competencia estratégica entre bloques tecnológicos rivales, abre ventanas de oportunidad para naciones periféricas. Países como Irán, Pakistán o incluso Argelia han aprovechado estas nuevas dinámicas para establecer alianzas con potencias no occidentales en materia espacial, accediendo a

tecnologías que antes les eran vedadas, de acuerdo con Sadeh (2021).

Asimismo, países como India han demostrado que un programa espacial robusto puede ser un motor de desarrollo inclusivo, generando empleo calificado, impulsando la educación STEM y mejorando la calidad de vida mediante servicios satelitales, de acuerdo con Bhaskaranarayana et al (2020).

Este escenario confirma la tesis de Pérez (2004) sobre las ventanas de oportunidad que se abren durante los períodos de crisis sistémica, cuando las tecnologías existentes resultan inaccesibles o inadecuadas para nuevos contextos. Ejemplos emblemáticos como el desarrollo del UAV Antonov-2 en Zimbabwe durante el embargo internacional demuestran que las limitaciones pueden convertirse en estímulos para la innovación frugal.

No obstante, como subraya el informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2021), la eficacia de estas alianzas

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

depende críticamente de la existencia de una base interna de conocimiento, infraestructura y talento humano capaz de absorber y transformar dichas transferencias. Sin esta capacidad de absorción, las cooperaciones internacionales se reducen a relaciones asimétricas de dependencia, donde el socio local actúa como receptor pasivo en lugar de copartícipe activo.

En este escenario, los países del Sur Global que no desarrollan capacidades propias desde el diseño de satélites hasta la operación de infraestructuras de lanzamiento quedan sujetos a condiciones impuestas por terceros, incluyendo cláusulas restrictivas en la transferencia de tecnología, obsolescencia programada y vulnerabilidad ante sanciones o bloqueos.

Sin embargo, América Latina presenta un panorama dual que ilumina tanto las posibilidades como las limitaciones del desarrollo aeroespacial en contextos de recursos limitados. Brasil, por ejemplo, ha logrado consolidar un complejo aeroespacial fuerte a través de la integración sinérgica entre el

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), el Departamento de Ciencia y Tecnología Aeroespacial (DCTA), la empresa estatal EMBRAER y la Agencia Espacial Brasileña (AEB).

Es importante resaltar, que este modelo, descrito por Dutra (2019) demuestra que incluso en contextos de volatilidad económica, es posible construir capacidades endógenas mediante la articulación institucional deliberada y la alineación de la formación superior con los ciclos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Otro país que avizora crecimiento aeroespacial es Argentina, ha desarrollado una industria espacial de alto nivel a través de INVAP, una empresa tecnológica de base estatal que ha exportado reactores nucleares y satélites a países como Australia y Argelia, gracias a su estrecha vinculación con universidades públicas y centros de investigación, de acuerdo con los planteamientos de Katz & Lavarello (2020).

Paradoja venezolana

La multipolaridad emergente en el sistema

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

internacional crea condiciones favorables para la transferencia tecnológica Sur-Sur y Venezuela está incluida en esta, pero al mismo tiempo exige capacidades de absorción que el país no ha desarrollado plenamente.

En tal sentido, la paradoja venezolana se manifiesta en esta esfera mediante la coexistencia de logros simbólicos puntuales como los satélites Simón Bolívar y Miranda, con la ausencia de un ecosistema integrado que permita sostener y profundizar estas capacidades en el tiempo.

Esta contradicción responde a lo que Morin (1990) denominaría un "paradigma de simplificación" en la gestión del conocimiento especializado, donde se privilegian resultados inmediatos sobre procesos estructurales de largo aliento.

Las alianzas con China y Rusia en materia espacial, si bien han permitido avances significativos en telecomunicaciones y observación terrestre, no han generado el efecto derrame esperado hacia el tejido productivo nacional.

Lo planteado confirma la tesis de Arocena y

Sutz (2001) sobre la ilusión cooperativa en países periféricos, donde la falta de capacidades endógenas convierte la cooperación tecnológica en nueva forma de dependencia.

Tal es el caso del satélite Miranda que resulta emblemático, mientras Argentina desarrolló el SAC-D Aquarius con la NASA mediante un esquema de coparticipación tecnológica real, Venezuela se limitó a un acuerdo de compra llave en mano que no permitió la apropiación del conocimiento implícito.

Esta asimetría se reproduce en el ámbito de la formación, donde según datos del Observatorio Iberoamericano de Ciencia y Tecnología (2022) Venezuela gradúa anualmente apenas 12 especialistas en ingeniería aeroespacial por cada millón de habitantes, frente a los 48 de Brasil o los 67 de Argentina.

De igual manera, la arquitectura institucional educativa venezolana presenta serias discontinuidades en la interfaz entre educación superior e investigación aplicada. La Universidad Militar Bolivariana de Venezuela (UMBV), pese a su

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

mandato fundacional de impulsar la soberanía tecnológica, carece de vínculos orgánicos con los centros de investigación de la Fuerza Armada Bolivariana (FANB).

Simultáneamente, la Universidad Nacional Experimental de la Fuerza Armada Bolivariana (UNEFA) gradúa ingenieros en aeronáutica, sistemas y electrónica cuyos proyectos de grado rara vez se articulan con las necesidades de la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE, FANB).

Esta disyunción responde a lo que Gibbons (1994) identificó como el desfase entre el Modo 1 de producción de conocimiento, academicista y disciplinar y el Modo 2 que requiere abordajes transdisciplinarios orientados a problemas concretos.

La evidencia se manifiesta en que, según el registro de patentes del Servicio Autónomo de la Propiedad Intelectual (SAPI, 2023), menos del 3% de las invenciones registradas en Venezuela durante la última década guardan relación con tecnologías

aeroespaciales.

Este porcentaje contrasta dramáticamente con el 18% registrado en Brasil durante el mismo período. Esta desconexión se agrava por la ausencia de políticas de estímulo fiscal para empresas que inviertan en I+D aeroespacial, mecanismo que resulta decisivo en el despegue de la industria aeroespacial.

En este contexto, se revelan debilidades en la concepción misma del quehacer tecnológico; dado que las instituciones formativas como el Instituto Universitario de Aeronáutica Civil “Mayor (AV.) Miguel Rodríguez” (IUAC) privilegian enfoques técnico-operativos que preparan profesionales para mantener sistemas existentes, pero no para innovar o crear nuevos paradigmas tecnológicos.

Esta orientación responde a lo que Santos (2006) caracterizaría como "epistemicidio del sur", donde se naturaliza la división internacional del trabajo que condena a los países periféricos a roles de usuarios y no creadores de tecnología.

Asimismo, los planes de estudio de ingeniería

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

en mantenimiento aeronáutico, por ejemplo, dedican menos del 15% de sus créditos a actividades de investigación. Esta brecha se manifiesta en la incapacidad del país para desarrollar substitutos nacionales de repuestos aeronáuticos, a pesar de contar con profesionales calificados y necesidades apremiantes derivadas de las sanciones internacionales.

La situación se agrava por la diáspora científica que, según estimaciones de la ONU (2022) ha privado al país de aproximadamente el 60% de sus investigadores en áreas estratégicas durante la última década.

Por otra parte, la crisis socioeconómica ha actuado como catalizador de estas contradicciones estructurales. Pero, también, ha creado condiciones para repensar el modelo de desarrollo tecnológico; porque la imposibilidad de mantener flotas aéreas con repuestos importados ha generado una demanda insatisfecha de soluciones autóctonas que las instituciones existentes no han podido capitalizar.

Sin embargo, esta potencialidad se ve

obstaculizada por la ausencia de laboratorios de prototipado rápido y bancos de prueba que permitan transitar de ideas a productos verificables. Los registros del Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología (MINCYT, 2023) indican que solo el 8% de los proyectos financiados en el área aeroespacial alcanzaron fase de prototipo funcional, porcentaje que evidencia el cuello de botella en la transición del conocimiento a las aplicaciones.

Otro aspecto notorio, es que la dimensión geopolítica introduce variables adicionales de complejidad, porque se evidencia la creciente militarización del espacio cercano y la emergencia de constelaciones satelitales privadas que están reconfigurando las reglas del juego internacional, creando nuevas formas de dependencia para los países no espaciales.

Venezuela, que según el Índice de Soberanía Tecnológica Aeroespacial (ITSA, 2023) ocupa la posición 38 entre 45 países latinoamericanos evaluados.

De ahí que enfrenta el riesgo de quedar excluida

de las próximas revoluciones tecnológicas espaciales. Siendo esto una vulnerabilidad manifestada en la dependencia crítica de servicios de posicionamiento global para aplicaciones civiles y militares, situación que contradice el principio constitucional de soberanía tecnológica.

Cultura organizacional del sector aeroespacial

Otra debilidad importante es la cultura organizacional del sector aeroespacial venezolano, está marcada por una lógica fragmentada que obstaculiza la integración y el aprovechamiento conjunto de capacidades. Esta falta de coordinación se manifiesta en la duplicación innecesaria de recursos como la adquisición paralela de equipos especializados sin mecanismos para su uso compartido.

Lo planteado evidencia la ausencia de una visión sistémica y de estrategias colaborativas para el desarrollo del sector. Situación que refleja lo identificado por Senge (1990) como pensamiento asistémico, donde cada institución optimiza sus recursos locales en detrimento del desempeño

global del ecosistema.

Asimismo, los mecanismos de evaluación y promoción académica, al estar centrados en indicadores bibliométricos tradicionales, no solo desconocen las contribuciones orientadas a la resolución de problemas nacionales mediante desarrollos tecnológicos, sino que además generan incentivos deficientes que desalientan la innovación.

En efecto, según datos del Observatorio Nacional de Ciencia (2023) el 72 % de los investigadores opta por enfocarse en publicaciones teóricas en lugar de asumir proyectos de innovación con alta incertidumbre tecnológica, como consecuencia, se refleja una brecha estructural entre la academia y la industria, que el sistema aún no ha logrado corregir.

Resulta claro, que la superación de estos vacíos o limitaciones estructurales exige, en primer lugar, una reconceptualización del quehacer aeroespacial, transitando de visiones reduccionistas hacia enfoques que asuman la complejidad sistémica de los procesos de innovación.

En este sentido, si bien el modelo de triple hélice propuesto por Etzkowitz y Leydesdorff (1995) ha sido influyente a nivel global, resulta insuficiente para capturar las particularidades del contexto venezolano, donde los actores gubernamentales, académicos e industriales no solo coexisten con asimetrías significativas de capacidades, sino que además operan bajo lógicas temporales y organizativas incompatibles.

Ante esta realidad, se hace necesario desarrollar un marco conceptual ampliado que incorpore explícitamente la dimensión comunitaria y los saberes locales, tal como lo plantea el paradigma de la innovación social de Moulaert (2005).

Esta ampliación encuentra respaldo empírico en experiencias concretas, como los talleres de mantenimiento de aviación ligera en el estado Falcón, donde técnicos empíricos han generado soluciones innovadoras a partir de recursos escasos, evidenciando la existencia de capacidades distribuidas que el sistema formal de innovación no logra reconocer ni capitalizar.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

En conjunto, estos elementos apuntan a la necesidad de construir una nueva gramática de la innovación aeroespacial en Venezuela, capaz de integrar lo técnico, lo social y lo local a la triple hélice existente académico, industria y Estado en una propuesta coherente y contextualizada; para lograr que se institucionalice una gobernanza que sea el motor para impulsar de manera sostenida en el tiempo que la industria aeroespacial requiere autonomía, inversiones y colaboración supranacional.

En este contexto, la delimitación geográfica del complejo aeroespacial en la región central del país donde convergen universidades, centros industriales y la sede de organismos gubernamentales responde a una lógica de eficiencia y sinergia.

Sin embargo, su éxito dependerá menos de la ubicación física que de la capacidad de crear una arquitectura institucional que trascienda los límites organizacionales. En virtud de, que un complejo aeroespacial no es solo un conjunto de edificios y

laboratorios, sino una red de interacciones entre personas, ideas y recursos.

En este sentido, su construcción requiere, por tanto, un cambio profundo en la cultura organizacional, en los incentivos para la colaboración y en la forma en que se concibe la relación entre formación, investigación, desarrollo e innovación.

Este cambio no puede imponerse desde arriba, sino que debe emerger de un proceso dialógico entre los actores involucrados, guiado por una visión compartida de futuro. Desde el paradigma de la complejidad, como lo plantea Morin (2001) el conocimiento es recursivo y multidimensional.

Por ello, cualquier modelo de integración debe reconocer la interdependencia entre los niveles micro (individuos), meso (organizaciones) y macro (sistema nacional) y diseñar mecanismos que permitan la retroalimentación constante entre estos.

De lo anterior se desprende la necesidad de promover prácticas capaces de abordar la multiplicidad de factores, sus interacciones

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

dinámicas y los contextos cambiantes en los que se inscriben los fenómenos planteados. Esto implica dar cuenta de las tensiones, imprevisibilidades y configuraciones emergentes propias de dichos fenómenos.

VUELO II MAPAS CELESTES DEL SABER



En este el segundo horizonte se aprecia el taller de la resistencia, la innovación y transferencia tecnológica se revela como un puente de luz forjado en la fragua del sur: sobre una mesa de impresión 3D hecha con chatarra y sueños, un dron híbrido (hijo de la necesidad y la audacia) alza vuelo. Mientras una puerta dimensional se abre entre dos realidades: de un lado, banderas de aliados no hegemónicos; del otro, el tricolor venezolano ondeando en el viento solar; entre ambas, código, fórmulas y semillas giran en órbita como un sistema solar endógeno, recordándonos que la verdadera innovación no copia, sino germina desde la tierra propia.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Este vuelo aborda el mapa del saber que proporcionaron pautas para la configuración del sistema integrado, tiene como propósito trazar el radar que guiará el camino, reconociendo las trayectorias previas y los marcos que guiaran el proceso de reconstrucción.

Trayectorias previas

En este aparte se presentan diversidad de trabajos, que, aunque surgidos en distintos marcos geopolíticos y disciplinares, ofrecen aportes que sirvieron de base para el desarrollo del ecosistema integrado de formación, investigación, desarrollo e innovación para el complejo aeroespacial venezolano, tal como se presenta en la tabla 1, seguidamente.

Tabla 1
Trayectorias previas

Autor, Año, Título	Hallazgos
Giraldo Martínez (2023) Modelo de Gestión Tecnológica e Innovación para el sector aeroespacial de defensa en	Su finalidad de impulsar y desarrollar eficazmente proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Mecanismos teóricos para conectar a Estado, academia e industria Mapeó de la red de cooperación

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Colombia	existente en el sector defensa identificando sus nodos y enlaces Formulación del modelo de gestión tecnológica e innovación sectorial Provisión de una hoja de ruta para la construcción de un ecosistema de innovación
Rodríguez Zoya (2021) Instituto de Investigaciones Gino Germani Universidad de Buenos Aires Argentina	Filosofía constructiva del científico argentino Oscar Varsavsky como estrategia para pensar la complejidad de la innovación Configurar un modelo integrado de formación, investigación, innovación y desarrollo para un complejo aeroespacial
Galindo (2022) UPEL, Venezuela	Configuración de un modelo formativo para docentes-investigadores El entorno investigativo núcleo esencial para la consolidación de la figura del docente-investigador
Calderón (2021), UPEL, Venezuela	Formulación de fundamentos teóricos para la educación 4.0 en el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Insuficiencia de los modelos tradicionales ante las exigencias de la era digital Demanda de enfoques pedagógicos innovadores Visión prospectiva en la formación profesional

Fuente: Elaboración propia

El análisis comparativo de los autores presentados evidencia una convergencia en la necesidad de estructurar modelos estratégicos que

respondan a las demandas contemporáneas de innovación y desarrollo formativo. Mientras que Giraldo Martínez (2023) y Rodríguez Zoya (2021) enfocan sus hallazgos en la creación de ecosistemas complejos, ya sea mediante la gestión tecnológica en el sector defensa o la integración de la investigación con el desarrollo aeroespacial, las investigaciones de Galindo (2022) y Calderón (2021) trasladan este enfoque al ámbito educativo.

En conjunto, estas perspectivas subrayan que, tanto en la industria como en la academia, los modelos tradicionales resultan insuficientes; por ello, proponen soluciones que articulan la gestión, la prospectiva y la reconfiguración del rol del investigador y del docente frente a los desafíos de la era digital y la innovación sistémica.

Aprendizaje Basado en Proyectos

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), se erige como un paradigma pedagógico constructivista. Se trata, según Harwell (1997) de un modelo educativo activo y experiencial donde el estudiante se convierte en el arquitecto principal de

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

su propio conocimiento y su esencia es la inmersión del estudiante en la planificación, ejecución y evaluación de un proceso complejo cuya aplicación y resonancia se extienden al contexto real, más allá de la frontera del aula.

Metodológicamente, se concreta en el diseño y desarrollo de un proyecto grupal, los educadores deben asegurar que este no solo se alinea con el corpus de conocimientos previos del estudiantado, sino que también garantiza la disponibilidad de los recursos instrumentales y conceptuales necesarios para su abordaje exitoso. Se concibe como un vehículo intencionado para el desarrollo y la consolidación de destrezas transversales.

Señalan Estalayo et al (2021) que el desarrollo de habilidades blandas, actitudes proactivas y competencias socioemocionales exige una secuencia didáctica bien estructurada: saberes fundamentales, planteamiento del proyecto como escenario para la praxis y aplicación de saberes de manera dinámica, incorporando conceptos emergentes.

En este contexto, el rol redefinido del docente muta a facilitador y su función debe centrarse en la orientación estratégica, catalizando la capacidad del estudiante para identificar y articular soluciones autónomas a los desafíos que surgen.

El ABP no es meramente una técnica, sino una filosofía educativa que posiciona la investigación, la autonomía y la resolución de problemas auténticos como los vectores primarios del aprendizaje significativo, con un enfoque pedagógico centrado en el estudiante; que promueve el aprendizaje activo mediante la investigación, el diseño y la ejecución de proyectos auténticos y significativos, vinculados a problemas o preguntas del mundo real.

Señalan Larmer et al (2015) que el ABP incluye los siguientes elementos esenciales:

- Pregunta o reto auténtico, el proyecto parte de una pregunta compleja, significativa y relevante.

- Investigación y exploración, los estudiantes investigan, recopilan información y aplican conocimientos.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

-Voz y elección del estudiante, se fomenta la autonomía y la toma de decisiones.

-Reflexión continua, se promueve la metacognición y la autoevaluación.

-Crítica y revisión, los estudiantes reciben retroalimentación y mejoran su trabajo.

-Producto público, el proyecto culmina en una presentación o producto compartido con una audiencia real.

El ABP se sustenta en varias corrientes teóricas:

-Constructivismo (Piaget, Vygotsky), el conocimiento se construye activamente a partir de la experiencia y la interacción social.

-Aprendizaje significativo mediante la resolución de problemas reales, la colaboración entre pares y la reflexión crítica. En este sentido, los proyectos permiten a los estudiantes vincular los contenidos académicos con problemáticas reales, favoreciendo la transferencia de conocimientos y el desarrollo de competencias transversales.

-Aprendizaje situado (Lave & Wenger, 1991), el aprendizaje ocurre en contextos auténticos y comunitarios. Los aprendices se involucran en comunidades de práctica, incrementando gradualmente su participación hasta que logran una participación plena en las prácticas socioculturales del grupo.

-Teoría de la carga cognitiva (Sweller, 1988), el ABP bien diseñado, ayuda a gestionar la carga cognitiva al contextualizar el conocimiento. Investigaciones recientes indican que el ABP mejora la motivación, la retención del conocimiento y el desarrollo de habilidades del siglo XXI, de acuerdo con Condliffe et al (2017).

En el marco de los desafíos contemporáneos que enfrentan los ecosistemas de innovación y desarrollo tecnológico, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) emerge como una metodología pedagógica que responde a las exigencias de la transdisciplinariedad, la autoorganización y la construcción de saberes significativos.

En contextos como el de un complejo

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

aeroespacial, donde convergen múltiples actores, saberes y dinámicas emergentes, el ABP se configura como una estrategia formativa que puede resignificar las interacciones entre formación académica, investigación aplicada e innovación tecnológica.

Uno de los principales obstáculos en los sistemas de formación aeroespacial es la fragmentación que inhibe la transdisciplinariedad. El ABP, al promover la integración de saberes desde diversas disciplinas, se convierte en una herramienta para superar estas lógicas excluyentes.

Según Zambrano Briones et al (2022) el ABP permite a los estudiantes adquirir conocimientos de manera activa, reflexiva y contextualizada, lo que resulta fundamental para enfrentar los desafíos de la innovación en sectores estratégicos como el aeroespacial.

A pesar de sus potencialidades, la implementación del ABP enfrenta diversos retos. Entre estos, se destacan la necesidad de formación docente, la adecuación curricular y la creación de

espacios institucionales que favorezcan la colaboración y la reflexión. Tapia Herrera et al. (2025) señalan que el ABP requiere de docentes preparados para diseñar proyectos significativos, evaluar procesos de aprendizaje y acompañar a los estudiantes en su construcción de conocimiento.

Sistemas Complejos

La teoría de sistemas complejos (TSC) emerge como un paradigma, cuya relevancia es crítica en la configuración de un complejo aeroespacial orientado a la soberanía tecnológica. Constituye un campo interdisciplinario que privilegia un enfoque sistémico que considera las interacciones y emergencias que caracterizan a sistemas abiertos y dinámicos, según Martínez Romero y Esparza Olguin (2021).

Esta teoría, profundamente vinculada con la teoría general de sistemas de Bertalanffy que según Becerra (2020) se ha enriquecido con aportes de diversos campos como la cibernética, la termodinámica, la teoría del caos y las ciencias de la computación.

Los sistemas complejos se caracterizan por su modo de organización heterogéneo y dinámico donde la interacción no lineal entre componentes genera propiedades emergentes que no pueden inferirse de las partes por separado. La emergencia, la autoorganización y la adaptación representan nociones fundamentales para entender su comportamiento, según Cano Gallardo et al (2020).

Además, son abiertos y sujetos a intercambios constantes con su entorno, difusos en sus límites y cambiantes tanto temporal como espacial. La interacción multidireccional y la dinámica no lineal implican que los sistemas complejos manifiestan patrones de comportamiento que incluyen el caos controlado y los atractores dinámicos, lo cual dificulta la predicción lineal y estática, según Martínez Romero y Esparza Olguinm (2021).

En este sentido, la TSC, según Becerra y Castorina (2016) enfatiza la construcción colaborativa de modelos que integran dimensiones físicas, sociales, políticas y económicas, con un

enfoque pragmático de diagnóstico y propuesta de intervenciones para problemáticas sociales y ambientales.

De esta manera, defiende la construcción dialógica del conocimiento a través de la transdisciplinariedad. Esto, de acuerdo con Cano Gallardo et al (2020) es crucial en contextos como el de un complejo aeroespacial, donde convergen diversas lógicas disciplinares, sociales y tecnológicas, y donde se necesita resignificar conceptos como soberanía tecnológica, innovación y desarrollo bajo la lógica de la autoorganización y la sinergia.

Un complejo aeroespacial implica la convergencia de actores y procesos que incluyen la formación académica, la investigación aplicada, el desarrollo tecnológico y la innovación sistémica. En este contexto, la TSC permitiría de acuerdo con Martínez Romero (2020) analizar las interacciones entre estos actores que pueden inhibir o potenciar la sinergia necesaria para alcanzar objetivos estratégicos de soberanía tecnológica.

Conectivismo

El conectivismo emerge como una respuesta que combina conceptos del cognitivismo, constructivismo y nuevas formas de entender el conocimiento distribuido, apuntando a un paradigma adaptado a la complejidad y a las tecnologías digitales contemporáneas, según Siemens (2004).

Se trata de una propuesta teórica que busca explicar los procesos de aprendizaje en entornos caracterizados por la conectividad, la distribución del conocimiento y la constante mutación de la información, y no solo redefine el aprendizaje como un fenómeno social y tecnológico, basado en la formación y navegación de redes de conocimiento, donde los nodos pueden ser personas, organizaciones, bases de datos o recursos digitales, de acuerdo con Downes (2007).

En consecuencia, el conocimiento no reside únicamente en la mente del individuo, sino que está distribuido a través de conexiones dentro de una red viviente y evolutiva, por lo que la capacidad para aprender reside en la habilidad de construir,

mantener y atravesar estas redes de conocimiento.

Así, que incorpora ideas de la teoría del caos, redes neuronales, complejidad y autoorganización, enfatizando que el aprendizaje ocurre tanto dentro como fuera del individuo, incluso en tecnologías, congregaciones sociales y sistemas organizativos.

El conectivismo fue formalizado inicialmente por George Siemens (2004), posteriormente ampliado por Stephen Downes (2007). En este sentido, Siemens (2004) afirma que el aprendizaje es el proceso de conectar nodos especializados de información, lo que implica una epistemología relacional, donde el conocimiento emerge de la interacción entre actores y artefactos tecnológicos.

Downes (2007) complementa esta visión al afirmar que el conocimiento es una propiedad de las redes, lo que implica que aprender es participar en redes dinámicas y adaptativas. En este sentido, el conectivismo se alinea con los postulados de Morin (2001) sobre la necesidad de una “inteligencia de la complejidad” que permita integrar saberes fragmentados y comprender la emergencia de

fenómenos en sistemas abiertos.

El conectivismo se basa en ocho principios fundamentales, tal como los enuncia Siemens (2004):

- El aprendizaje y el conocimiento se basan en la diversidad de opiniones.

- El aprendizaje es un proceso de conexión de nodos o fuentes de información especializadas.

- El aprendizaje puede residir en dispositivos no humanos.

- La capacidad de ver conexiones entre campos, ideas y conceptos es una habilidad fundamental.

- La intención de fomentar y mantener conexiones es necesaria para facilitar el aprendizaje continuo.

- La capacidad de percibir la relevancia de la información es crucial en la era de la abundancia informacional.

- La toma de decisiones es en sí misma un proceso de aprendizaje.

- Las redes neuronales, conceptuales y externas (tecnológicas) están interrelacionadas.

Estos principios reflejan una visión sistémica y relacional del conocimiento y subraya la importancia de la estructura de la red misma. Bajo esta perspectiva, la inteligencia no reside en el individuo, sino en la red de conexiones que éste es capaz de establecer y movilizar, según Downes (2012).

Desde esta óptica, el conocimiento se asemeja a un ecosistema dinámico donde los nodos, sean humanos o no, interactúan, se adaptan y evolucionan. La memoria, por tanto, es una función distribuida que incluye marcadores digitales, enlaces, algoritmos de recomendación y repositorios en la nube.

Así el conectivismo puede concebirse como un correlato pedagógico de la innovación compleja, en tanto promueve el aprendizaje adaptativo, la creación colectiva de conocimiento y la gestión inteligente de la información.

Transdisciplinariedad

La transdisciplinariedad en un ecosistema aeroespacial es una reconfiguración de las relaciones entre saberes, mediada por redes de

interacción, tal como lo plantea Nicolescu (2008). Así, implica diseñar redes de aprendizaje que favorezcan la emergencia de sinergias, orientadas a la soberanía tecnológica en coherencia con la visión de innovación sistémica propuesta por Lundvall (2010) y los planteamientos sobre aprendizaje colectivo en redes de conocimiento.

Esta idea se articula con los modelos de innovación hologramática propuestos por Morin (2001) donde cada parte del sistema contiene información del todo, y el todo se refleja en cada parte. En un complejo aeroespacial, la autoorganización puede manifestarse en redes de colaboración entre universidades, centros de investigación, industrias y agencias gubernamentales, donde el conocimiento fluye de manera distribuida.

Esto implica formar actores capaces de identificar fuentes confiables, establecer conexiones relevantes y participar activamente en comunidades de práctica. La investigación, por su parte, se convierte en un proceso de exploración colectiva,

donde los hallazgos emergen de la interacción entre múltiples nodos.

En este marco, la innovación no es un producto final, sino un proceso continuo de recombinação de saberes, facilitado por la conectividad. En un complejo aeroespacial, esto se traduce en la capacidad de integrar conocimientos provenientes de la ingeniería, la física, la informática, la política tecnológica y la gestión organizacional, entre otros.

Innovación Social

La teoría de la innovación social (TIS) emerge como un marco conceptual capaz de articular dimensiones sociales, culturales, políticas y epistemológicas en la producción de transformaciones profundas en las estructuras y prácticas colectivas, de acuerdo con Mulgan (2019).

Esta teoría se centra en la reconfiguración de relaciones sociales, institucionales y cognitivas que permiten responder a desafíos complejos mediante soluciones colectivamente construidas. Al respecto, Phills et al (2008) afirman que la innovación puede entenderse tanto como proceso como resultado.

En este sentido, la innovación se asume en los procesos organizativos y sociales, incluyendo la creatividad individual, la estructura de las organizaciones, el entorno y los factores socioeconómicos; así como un producto final, reflejado en nuevos bienes, servicios o métodos de producción.

Aunado a lo anterior, es importante diferenciar cuatro componentes clave de la innovación:

- El proceso de creación, que implica factores técnicos, sociales y económicos.

- El producto o invención resultante, lo que denominan innovación propiamente dicha.

- La difusión o adopción, que permite que la innovación se utilice de forma más amplia.

- El valor que genera la innovación.

En consecuencia, la innovación social es una solución novedosa a un problema social que mejora respecto a las alternativas existentes en términos de eficacia, eficiencia, sostenibilidad o justicia y dicha solución puede surgir como resultado de un proceso técnico, organizacional y social, que no requiere

ser completamente original, sino nueva en su contexto de aplicación. Esta definición subraya la dimensión relacional y transformadora de la innovación.

En América Latina, la noción de innovación social ha sido reinterpretada desde perspectivas decoloniales y de desarrollo endógeno. Autores como Santos (2009) plantean la necesidad de reconocer y valorar saberes alternativos que emergen de las luchas de comunidades históricamente oprimidas.

Su propuesta gira en torno al concepto de justicia cognitiva, entendida como la apertura al diálogo entre distintos sistemas de conocimiento, científicos y populares, como condición indispensable para lograr una verdadera emancipación social, enfatizando la importancia de las epistemologías del sur, que valoran los saberes locales y comunitarios como fuentes legítimas de innovación social, situada, contextual y orientada hacia esa justicia cognitiva.

Esto implica que la innovación no es un evento

aislado, sino un proceso emergente que depende de redes de actores, marcos normativos, recursos simbólicos y prácticas culturales. Enfatiza que la innovación ocurre en sistemas interconectados. También se nutre de la teoría del actor-red, de Latour (2005) que permite analizar cómo los actores humanos y no humanos (tecnologías, normas, infraestructuras) constituyen redes de innovación.

Así en el contexto aeroespacial, los significados, las prácticas y los artefactos se entrelazan en procesos de innovación. En este sentido, la configuración de un ecosistema integrado de F+I+D+i en el complejo aeroespacial, encuentra en la teoría de la innovación social un marco complementario y potenciador.

Desarrollo Endógeno

El desarrollo endógeno se presenta como un marco alternativo que privilegia los recursos internos de los territorios, las capacidades locales y la articulación entre conocimiento, innovación y comunidad. Según Vásquez (2007, p. 183) se concibe como una visión que engloba múltiples

enfoques, unidos por una misma base teórica y un modelo común de políticas.

Esta perspectiva territorial del desarrollo se centra en los procesos de crecimiento económico y acumulación de capital en regiones que poseen una identidad cultural y estructuras institucionales propias, las cuales orientan las decisiones de inversión.

Igualmente, representa la forma en que los actores locales responden a los retos que plantea la globalización, ya que articula y armoniza distintas concepciones del desarrollo, tales como el enfoque autocentrado, el desarrollo humano, el desarrollo sostenible y el desarrollo desde abajo.

En consecuencia, propone una visión integral en la que la educación, la ciencia, la cultura y la organización social se entrelazan para generar procesos autónomos de transformación. No surge en un momento histórico preciso, sino que es el resultado de una convergencia de críticas al modelo de desarrollo exógeno dominante, por lo que sus raíces pueden rastrearse en las corrientes del

pensamiento crítico latinoamericano.

El concepto de desarrollo endógeno se consolidó, influenciado por enfoques europeos y por el resurgimiento del pensamiento crítico en América Latina. Se articuló en torno a la noción de proyecto local propuesto por Magnaghi (2000) como estrategia de planificación territorial basada en los recursos endógenos. También, se vincula al conocimiento local, participación ciudadana y justicia social.

Un hito clave fue el aporte de Max-Neef (1986) quien propuso un modelo de desarrollo a escala humana centrado en la satisfacción de necesidades fundamentales mediante procesos autogestionarios y comunitarios. Aunque no utilizó explícitamente el término endógeno, su enfoque es compatible, por cuanto enfatiza la creatividad local como motor del cambio.

Santos (2008) con su teoría de la ecología de saberes complementa el desarrollo endógeno al reconocer la necesidad del diálogo entre saberes científicos, populares, indígenas y locales. Estos

autores, aunque diversos en enfoque, comparten una apuesta por la autonomía cognitiva, productiva y política de los territorios.

Uno de los aportes más relevantes del desarrollo endógeno es su articulación con la noción de soberanía tecnológica, que implica la capacidad de un país o región para generar, adaptar, controlar y dirigir sus propios procesos tecnológicos según sus necesidades y valores. Mazzucato (2013) ha destacado el papel del Estado y de las instituciones públicas en la creación de capacidades tecnológicas endógenas, en sectores como el aeroespacial.

En América Latina, el concepto ha sido retomado por pensadores como Gudynas (2011), quien vincula la soberanía tecnológica con la ecología política y la necesidad de tecnologías que respeten los límites ecológicos y los derechos colectivos. tecnológica. El desarrollo endógeno, en este sentido, es una apertura selectiva y estratégica al conocimiento global, mediada por capacidades locales de absorción, innovación y reinversión.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

La configuración de un ecosistema integrado de F+I+D+i para un complejo aeroespacial encuentra en el desarrollo endógeno una base que legitima la articulación de actores locales, la valoración de capacidades internas y la orientación hacia la soberanía tecnológica por cuanto, no solo permite resignificar las interacciones, sino que exige una reconfiguración de los roles institucionales hacia una lógica de co-construcción.

Constelaciones programáticas

El desarrollo de un complejo aeroespacial requiere una visión sistémica e integrada que articule distintos ejes estratégicos capaces de sostener su crecimiento científico, tecnológico y operativo. Áreas clave que constituyen bases orientadoras de un ecosistema aeroespacial sostenible, donde convergen innovación tecnológica, gestión de calidad y seguridad, responsabilidad ambiental y fortalecimiento del talento humano bajo una estructura de gobernanza sólida.

En conjunto, estos pilares permiten comprender la dinámica multidimensional del sector

aeroespacial y garantizan que su evolución responda tanto a las exigencias técnicas internacionales como a los compromisos éticos, sociales y ambientales propios del desarrollo sostenible.

Área 1. Diseño y desarrollo de infraestructura y tecnología. El desarrollo de un complejo aeroespacial emerge de la interacción dinámica entre múltiples actores, saberes, infraestructuras y tecnologías, articulados en un ecosistema que busca la eficiencia operativa y la soberanía tecnológica.

En este marco, el diseño y desarrollo de infraestructura y tecnología constituyen un eje que permite la materialización de las capacidades colectivas del sistema aeroespacial, al tiempo que configura las condiciones de posibilidad para la innovación, la formación y la investigación aplicada.

La infraestructura aeroespacial, entendida como el conjunto de instalaciones físicas, plataformas digitales, redes logísticas, centros de lanzamiento, laboratorios especializados, sistemas

de comunicación y control; así como capacidades industriales asociadas, es un espacio de co-construcción social y epistémica.

Al respecto, las infraestructuras tecnológicas son sistemas sociotécnicos complejos, resultado de la interacción de la ingeniería, la ciencia, las finanzas, la política y la cultura, que una vez establecidos, ejercen una fuerza poderosa y moldeadora sobre la sociedad.

En el caso aeroespacial, estas infraestructuras actuarían como mediadores entre la ciencia, la industria y el Estado, configurando lo que Latour (2005) denomina redes heterogéneas donde humanos, los dispositivos técnicos y los factores culturales y económicos participan en la producción de conocimiento y tecnología, actuando de manera simétrica, mediando y transformándose mutuamente.

Por otra parte, el desarrollo tecnológico en el ámbito aeroespacial exige una lógica sistémica que promueva la interacción entre universidades, empresas y el Estado, es decir un proceso de

aprendizaje colectivo e interactivo en un entramado de redes.

Al respecto, Kauffman (1993) afirma que esta interacción es una fuerza generativa no predecible, que produce una autoorganización y se caracteriza por retroalimentaciones y emergencias. Por ello, en el diseño de infraestructura y tecnología los actores negocian significados, reconfiguran roles y evolucionan con los artefactos que desarrollan.

Desde esta perspectiva, el diseño de infraestructura aeroespacial implica una resignificación de los conceptos de desarrollo y soberanía tecnológica, que se entienden como la capacidad colectiva de un país o región para definir sus propias trayectorias tecnológicas, integrando conocimientos locales y globales en un marco ético y sostenible, según Calderon (2024).

Esto requiere infraestructuras abiertas, modulares y adaptables, capaces de integrar saberes transdisciplinarios y de responder a desafíos emergentes, como el cambio climático, la seguridad cibernética o la gestión del espacio

ultraterrestre.

La noción de innovación hologramática, propuesta por Morin (2005), resulta especialmente útil en este contexto. Aplicado al complejo aeroespacial, implica que cada componente, ya sea un laboratorio universitario, una línea de producción de cohetes o un centro de formación técnica, debe diseñarse no como un fragmento aislado, sino como un microcosmos que refleja y retroalimenta las dinámicas del sistema en su conjunto.

Así, el desarrollo del ecosistema que se plantea es un espacio de experimentación social donde se ensayan nuevas formas de organización, conocimiento y cooperación. Por ello, las políticas públicas orientadas al complejo aeroespacial deben fomentar no solo la inversión en hardware, sino también en infraestructuras blandas, redes de colaboración, marcos regulatorios flexibles, mecanismos de financiamiento participativo y espacios de diálogo entre actores heterogéneos.

Un complejo aeroespacial que aspire a la soberanía tecnológica debe formar profesionales

capaces de navegar entre disciplinas, gestionar la incertidumbre y co-diseñar soluciones con múltiples actores. Esto requiere infraestructuras educativas que promuevan la experimentación, la prototipación y el aprendizaje basado en proyectos reales.

El diseño y desarrollo de infraestructura y tecnología constituyen un pilar fundamental en la configuración de un complejo aeroespacial orientado a la soberanía tecnológica. Se trata de un proceso profundamente social y político, que exige una reconfiguración de las relaciones entre formación, investigación, desarrollo e innovación.

Área 2. Gestión de la calidad y seguridad operacional. El desarrollo de un complejo aeroespacial, entendido como un ecosistema dinámico que integra formación, investigación, desarrollo e innovación tecnológica, exige la construcción de culturas organizacionales fuertes, sistemas de gobernanza resilientes y prácticas institucionales orientadas a la excelencia.

En este contexto, la gestión de la calidad y la seguridad operacional constituyen dimensiones

constitutivas del propio sistema aeroespacial. Estas áreas emergen como nodos críticos donde convergen saberes, valores, responsabilidades éticas y dinámicas de autoorganización que permiten la sostenibilidad y la soberanía tecnológica en un entorno global multipolar.

La industria aeroespacial se caracteriza por altos niveles de criticidad, un error en el diseño, la fabricación o la operación puede tener consecuencias catastróficas, tanto en términos humanos como geopolíticos y económicos. Por ello, la calidad y la seguridad son principios fundacionales que atraviesan todo el ciclo de vida de los sistemas aeroespaciales.

Como señala Reason (1997) en entornos de alta complejidad técnica, la seguridad no puede garantizarse únicamente mediante la eliminación de errores humanos, sino que debe entenderse como una propiedad emergente del sistema, resultado de la interacción entre personas, tecnologías, procedimientos y cultura organizacional.

La gestión de la calidad en el ámbito

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

aeroespacial ha evolucionado desde enfoques basados en la inspección y el control hacia modelos sistémicos centrados en la mejora continua, la prevención de defectos y la participación de todos los actores.

Normas internacionales como la serie AS9100, específica para la industria aeroespacial y derivada de la ISO 9001, establecen requisitos rigurosos en materia de gestión de riesgos, trazabilidad, diseño robusto y compromiso con la excelencia, según SAE International (2016).

Sin embargo, la verdadera calidad reside en la capacidad del sistema para aprender, adaptarse y co-evolucionar con su entorno. Al respecto, argumenta Senge (1990), que las organizaciones que aprenden, es decir, aquellas que fomentan la reflexión colectiva, la transparencia y la experimentación, son las que logran integrar la calidad como una práctica viva.

Por otra parte, la seguridad operacional, ha transitado de una lógica reactiva, centrada en la investigación de accidentes, a una proactiva y

predictiva, basada en la gestión de riesgos, la resiliencia organizacional y la inteligencia colectiva.

Bajo esta perspectiva, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2018) promueve el Sistema de Gestión de la Seguridad Operacional como un enfoque sistemático para gestionar la seguridad, integrando políticas, procesos y prácticas que fomentan una cultura de reporte sin sanción, análisis de tendencias y toma de decisiones basada en datos.

Este enfoque reconoce que la seguridad es un proceso dinámico que requiere monitoreo continuo y ajustes en tiempo real. Tanto la calidad como la seguridad deben entenderse como propiedades emergentes de redes de interacción entre múltiples niveles: técnico, humano, organizacional y sociopolítico. De ahí que es necesario resignificar los significados que los actores atribuyen a estos conceptos.

Así, una cultura de seguridad robusta se basa en la justicia restaurativa, la curiosidad ante el error y la humildad al reconocer que el sistema es más

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

complejo de lo que cualquier individuo puede comprender por sí solo.

La gestión de la calidad y la seguridad operacional se convierten, entonces, en herramientas estratégicas para garantizar la confiabilidad de los sistemas y para ganar credibilidad internacional, acceder a cadenas globales de valor y formar talento humano de alta competencia.

Asimismo, la transdisciplinariedad, encuentra en la gestión de la calidad y la seguridad un terreno fértil para su desarrollo. Estas áreas exigen la integración de conocimientos provenientes de la ingeniería, la psicología cognitiva, la sociología de las organizaciones, la ética profesional y la ciencia de sistemas.

Así, el análisis de incidentes no puede limitarse a fallas técnicas; debe considerar factores como la fatiga, la presión organizacional, la comunicación o los sesgos cognitivos. De esta manera, un taller de ensamblaje de satélites no es solo un espacio técnico, sino también un laboratorio

de formación en cultura de calidad, trabajo en equipo y responsabilidad ética.

La autoorganización, también se manifiesta en la gestión de la calidad y la seguridad. En este sentido, organizaciones resilientes, como las descritas por Barrón Torres y Sánchez Limón (2022) fomentan la autonomía responsable, la toma de decisiones descentralizada y la capacidad de los equipos para ajustar sus prácticas en función de las condiciones cambiantes. Este enfoque es esencial en entornos aeroespaciales, donde la incertidumbre y la novedad son constantes.

La gestión de la calidad y la seguridad operacional son áreas centrales en la configuración de un complejo aeroespacial orientado a la soberanía tecnológica. Estas dimensiones permiten articular formación, investigación, desarrollo e innovación en un marco ético y sistémico.

No obstante, requieren una transformación cultural profunda, una comprensión integrada, donde la excelencia operacional se entrelaza con la justicia cognitiva, la transparencia y la capacidad colectiva

de aprender de los errores. De esta manera será posible construir un ecosistema integrado que no solo funcione, sino que también inspire confianza, genere conocimiento y fortalezca la autonomía tecnológica en un mundo multipolar.

Área 3. Sostenibilidad ambiental y eficiencia de recursos. El desarrollo de un complejo aeroespacial en el siglo XXI no puede concebirse al margen de los desafíos ambientales globales y la creciente presión por la eficiencia en el uso de recursos.

Tradicionalmente, la industria aeroespacial ha sido percibida como un sector de alto consumo energético, emisiones significativas de gases de efecto invernadero y dependencia de materiales críticos escasos, según Peeters et al (2016).

Sin embargo, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de recursos emergen como imperativos regulatorios y ejes estructurantes de la innovación, la soberanía tecnológica y la competitividad estratégica.

La integración de estos principios en un sistema

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+i DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

de F+I+D+i se vuelve indispensable, por lo que la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de recursos constituyen un área clave en la configuración de un complejo aeroespacial.

Por otra parte, la industria aeroespacial enfrenta una paradoja: por un lado, impulsa avances tecnológicos que permiten monitorear el cambio climático, gestionar recursos naturales y mejorar la conectividad global. Por otro, su propia operación genera impactos ambientales significativos.

Al respecto, Castro (2023) menciona que el Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España analizó el impacto de la aviación civil, que en 2019 representó el 2,4% de las emisiones antropogénicas que contribuyen al forzamiento radiactivo global y el 13,4% dentro del sector transporte en la UE. Pero también advierte que se discuten propuestas para mejorar la sostenibilidad sin limitar el desarrollo del transporte aéreo.

Por su parte, Espindola (2025, p. s/n) advierte que la innovación tecnológica en satélites, materiales ecológicos y combustibles sostenibles

(SAF) está transformando la industria aeroespacial hacia una mayor sostenibilidad. Al respecto afirma:

La innovación aeroespacial y la sostenibilidad están avanzando de la mano en la búsqueda de soluciones que permitan reducir el impacto ambiental de la industria aeroespacial. La tecnología aplicada en la aviación, el diseño de satélites y otras áreas de la tecnología aeroespacial está en constante evolución, con un enfoque creciente en la reducción de emisiones, eficiencia energética y materiales ecológicos.

En este sentido, la sostenibilidad ambiental en un complejo aeroespacial, debe integrarse como un principio transversal que redefine los propios objetivos del sistema, desde la formación de ingenieros con conciencia ecológica hasta la investigación en tecnologías limpias y la innovación en modelos de negocio circulares.

La eficiencia en el uso de recursos es un pilar complementario de la sostenibilidad ambiental. En un contexto de escasez de materias primas críticas, como el litio, cobalto o los elementos de tierras raras utilizados en sensores y sistemas de navegación, la

industria aeroespacial debe repensar sus cadenas de valor.

La economía circular, propuesta por autores como Ellen MacArthur Foundation (2015) y desarrollada por Geissdoerfer et al (2017) ofrecen un marco para transformar los flujos lineales de extraer-producir-desechar en ciclos regenerativos. En el ámbito aeroespacial, esto implica diseñar aeronaves y satélites para su reutilización, reparación y reciclaje, así como implementar procesos de manufactura aditiva que reduzcan desperdicios.

Igualmente, la eficiencia de recursos también se manifiesta en la optimización energética en el desarrollo de motores más eficientes, el uso de biocombustibles sostenibles y la exploración de propulsión eléctrica o híbrida son líneas de investigación activas en centros como la NASA, la Agencia Espacial Europea y empresas como Airbus (2021).

Estas iniciativas no solo reducen la huella de carbono, sino que fortalecen la autonomía tecnológica al disminuir la dependencia de

combustibles fósiles importados, un aspecto crucial en un mundo donde la seguridad energética es estratégica.

La formación académica, en este contexto debe superar la fragmentación disciplinar que separa la ingeniería de la ecología o la economía. Señala Nicolescu (2002) que los problemas contemporáneos, como la descarbonización del transporte aéreo, exigen la integración de saberes que trasciendan los límites de las disciplinas tradicionales.

De ahí que una formación transdisciplinaria permitiría a los futuros ingenieros aeroespaciales comprender no solo cómo diseñar una turbina más eficiente, sino también cómo ese diseño se inserta en redes socioecológicas más amplias.

La investigación aplicada, por su parte, debe orientarse hacia soluciones sistémicas. Esto implica no solo desarrollar materiales ligeros y resistentes, sino evaluar su ciclo de vida completo, incluyendo su impacto en la biodiversidad y su potencial de reciclaje.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Así, una innovación en eficiencia energética no puede ser aislada; debe resonar con transformaciones en la formación, la política industrial, la regulación ambiental y la cultura organizacional. Esta visión permite que la sostenibilidad no sea un añadido, sino el tejido mismo del complejo aeroespacial.

La soberanía tecnológica, no puede lograrse sin una base ecológica sólida. De allí, que autores como Esteva (2010) y Leff (2006) han argumentado que la verdadera soberanía implica la construcción de capacidades endógenas que respeten los límites biofísicos del planeta.

En el caso aeroespacial, esto significa desarrollar tecnologías propias, tales como satélites de observación terrestre o vehículos de lanzamiento, que no solo reduzcan la dependencia externa, sino que también contribuyan a la gestión sostenible del territorio y los recursos naturales.

Como resultado de este enfoque, un ecosistema integrado de F+I+D+i, debe incorporar la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de recursos

como ejes constitutivos, lo cual requiere marcos organizativos que promuevan la colaboración entre universidades, centros de investigación, empresas y comunidades.

Entonces, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia de recursos son dimensiones constitutivas de un complejo aeroespacial. Por lo tanto, estos desafíos se convierten en oportunidades para resignificar la formación, investigación y desarrollo en un contexto de innovación tecnológica.

Al integrar saberes transdisciplinarios, fomentar dinámicas de autoorganización y adoptar una visión hologramática del sistema, es posible construir un complejo aeroespacial que no solo vuele más alto, sino que también contribuya a un planeta más justo y habitable.

Área 4. Desarrollo de talento humano y gobernanza. Un complejo aeroespacial depende de otras dos dimensiones interrelacionadas, como los son el desarrollo de talento humano y la gobernanza efectiva, las cuales son dinámicas constitutivas que permiten la autoorganización, la emergencia de

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

sinergias y la resignificación de los procesos F+I+D+i.

Tradicionalmente, el talento humano ha sido concebido desde enfoques economicistas como un conjunto de competencias, es decir, conocimientos, habilidades, destrezas, valores y actitudes, que incrementan la productividad, según Díaz y Toscano (2022). En el ámbito aeroespacial, esto se traduce en la formación de ingenieros, científicos y técnicos altamente especializados.

Esta visión es insuficiente en un sistema donde la innovación surge de la interacción dialéctica entre saberes diversos, contextos sociales y visiones éticas. Este talento humano debe entenderse como sujetos capaces de interpretar, transformar y resignificar su entorno. En este sentido, su desarrollo en un complejo aeroespacial implica formar profesionales con dominio técnico, capacidad crítica, sensibilidad sistémica y compromiso con el bien común.

Lo que requiere de la transdisciplinariedad como marco para esta formación integral, que, en un

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

ecosistema aeroespacial, permite que un ingeniero aeroespacial dialogue con un ecólogo, un sociólogo o un especialista en políticas públicas, generando soluciones que consideren la eficiencia técnica, la justicia social y la sostenibilidad ambiental.

Por lo tanto, un complejo aeroespacial que promueva la inclusión de mujeres, comunidades indígenas o regiones periféricas no solo avanza en equidad, sino que enriquece su capacidad de innovación al incorporar saberes locales y formas alternativas de resolver problemas.

Si el talento humano representa la dimensión subjetiva del sistema; la gobernanza constituye su dimensión relacional y organizativa y es condición para la emergencia de sinergias. Debe concebirse como un proceso de coordinación distribuida que permite la autoorganización.

Al respecto, Castillo (2019) propone que, en contextos de alta complejidad social, la gobernanza debe evolucionar hacia modelos de coordinación distribuida, donde la autoorganización y la interacción entre actores diversos permiten

respuestas más adaptativas.

Por otra parte, la teoría de la gobernanza multinivel, según Hooghe & Marks (2003) resulta útil para comprender cómo los complejos aeroespaciales operan en intersecciones entre lo local, lo nacional y lo global. Por ejemplo, una agencia espacial nacional puede depender de regulaciones internacionales, como las de la UIT o la OACI; alianzas con empresas privadas como SpaceX o Airbus y redes académicas regionales. De tal manera que la gobernanza en este entramado exige mecanismos de diálogo, transparencia y toma de decisiones participativas.

Asimismo, la gobernanza debe facilitar la emergencia de propiedades sistémicas que no están presentes en los actores individuales. Kauffman (1993) argumenta que los sistemas complejos adaptativos, como los ecosistemas o las economías, evolucionan mediante la coevolución de sus componentes.

En un complejo aeroespacial, esto implica que las políticas de gobernanza deben crear espacios de

posibilidad donde los actores puedan experimentar, fallar, aprender y reconfigurar sus interacciones. Como muestra de lo anterior, el modelo de gobernanza del Centre National d'Études Spatiales (CNES, 2020) en Francia, articula al Estado, la industria y la academia mediante contratos de objetivos y redes de investigación temática y no impone soluciones desde arriba, sino que fomenta la co-construcción de agendas estratégicas.

La verdadera potencia de un complejo aeroespacial radica en la retroalimentación entre talento humano crítico y colaborativo con una gobernanza inclusiva. A su vez, un talento humano diverso y reflexivo demanda y co-diseña formas de gobernanza más democráticas y adaptativas.

Al respecto, Castrejón (2013), sostiene que el liderazgo organizacional y la gestión del conocimiento, como formas de gobernanza, se retroalimentan con el talento humano para generar ventajas competitivas en un complejo aeroespacial.

En este sentido, se entiende el desarrollo aeroespacial como un proyecto civilizatorio que

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

requiere saberes compartidos, decisiones colectivas y responsabilidad intergeneracional.

Esto incluye mecanismos como consejos asesores con participación de múltiples actores, programas de formación dual entre academia e industria y sistemas de evaluación que valoren la productividad científica, así como, también, el impacto social y ecológico. A modo de corolario, podría afirmarse que:

1. El desarrollo de un complejo aeroespacial en el siglo XXI descansa en la tecnología y en la calidad de sus personas, en la inteligencia de sus formas de gobernar.

2. El talento humano y la gobernanza son dimensiones constitutivas del sistema.

3. El talento humano, entendido como agencia compleja y transdisciplinaria, permite la emergencia de significados nuevos que desafían la fragmentación actual.

4. La gobernanza, concebida como proceso de autoorganización y coevolución, articula a los actores en torno a una visión compartida de

soberanía tecnológica.

Juntos, todos estos aspectos, forman el tejido vivo de un sistema integrado de F+I+D+i que responde a desafíos técnicos y contribuye a la construcción de sociedades más justas, resilientes y autónomas en un mundo multipolar.

Controles legales para iniciar el despegue

La creación de un complejo aeroespacial en la República Bolivariana de Venezuela encuentra sólido respaldo en el ordenamiento jurídico nacional e internacional, alineado con los principios constitucionales de soberanía, desarrollo científico-tecnológico, seguridad nacional y cooperación internacional.

En tal sentido, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) establece las bases fundamentales para el desarrollo del sector aeroespacial. El artículo 110 reconoce el derecho del Estado y de la sociedad al desarrollo científico, tecnológico e innovador y obliga al poder público a promover y financiar la investigación científica y tecnológica, incluyendo aquella orientada al uso del

espacio ultraterrestre.

Asimismo, el artículo 12 declara que el espacio aéreo venezolano, así como el subsuelo y los recursos naturales, son bienes de dominio público, inalienables e imprescriptibles, reafirmando la soberanía nacional sobre el territorio y su espacio aéreo.

Además, el artículo 13 prohíbe la instalación de bases militares extranjeras en el territorio nacional, pero permite la cooperación internacional en materia científica y tecnológica, siempre que se respete la independencia y los intereses nacionales. Por lo tanto, estos preceptos constitucionales legitiman la creación de infraestructura aeroespacial como parte de una política de Estado orientada a la soberanía tecnológica, la autonomía estratégica y el desarrollo endógeno.

El desarrollo de un complejo aeroespacial debe integrarse al régimen jurídico de la aviación civil, regulado por un conjunto de normas nacionales. En este marco, la Ley de Aeronáutica Civil (2009) en su artículo 1, establece que su finalidad es garantizar

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

la seguridad, eficiencia y regularidad de las operaciones aéreas, incluyendo actividades científicas, industriales y tecnológicas relacionadas con la aeronáutica.

Complementariamente, el Decreto con Fuerza de Ley de Aviación Civil (2001) refuerza este enfoque al establecer principios de control del espacio aéreo, desarrollo de infraestructura aeronáutica y coordinación interinstitucional.

Por su parte, la Ley del Instituto Nacional de Aeronáutica Civil (INAC, 2005) otorga al INAC la competencia para supervisar, autorizar y certificar toda infraestructura y operación aérea, incluyendo aeródromos, centros de lanzamiento y zonas de exclusión aérea.

De allí que, las Regulaciones Aeronáuticas Venezolanas (RAV), emitidas por el INAC, constituyen el cuerpo técnico-normativo que detalla los requisitos de seguridad, diseño, operación y certificación de instalaciones aeroespaciales, garantizando la armonización con estándares internacionales.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

La Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI, 2010) constituye un pilar fundamental para el complejo aeroespacial, ya que en su artículo 3 establece que el Estado promoverá el desarrollo de capacidades nacionales en áreas estratégicas, incluyendo el sector aeroespacial. Además, dicha ley crea mecanismos de financiamiento, formación de talento humano y articulación entre el sector público, privado y académico para impulsar proyectos de alta tecnología.

En consecuencia, este marco legal respalda la creación del complejo como una política de Estado en materia de innovación, en coherencia con los objetivos del Plan de la Patria 2019–2025, que en su Objetivo Histórico V impulsa la “construcción de un modelo productivo socialista sustentado en el conocimiento científico y tecnológico”, incluyendo el desarrollo de capacidades espaciales.

Dado el carácter estratégico de las infraestructuras aeroespaciales, su desarrollo debe coordinarse con la Ley Orgánica de la Fuerza

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Armada Nacional Bolivariana (LOFANB), que en su artículo 4 establece que la FANB tiene como misión garantizar la soberanía y la integridad del espacio geográfico nacional, incluyendo el espacio aéreo y ultraterrestre.

Por tanto, cualquier complejo aeroespacial deberá contar con la evaluación y, en su caso, participación del sector de defensa, especialmente en aspectos relacionados con la protección de instalaciones, control de lanzamientos y gestión de riesgos estratégicos.

De igual manera, las actividades aeroespaciales deben cumplir con la Ley Orgánica del Ambiente (2006) y su reglamento, así como con la Ley de Gestión Integral de la Diversidad Biológica, dado el impacto potencial de los lanzamientos, pruebas y operaciones en los ecosistemas. En este sentido, se requiere la elaboración de estudios de impacto ambiental y planes de mitigación, aprobados por el órgano ambiental competente, actualmente el Ministerio del Poder Popular para el ecosocialismo.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Venezuela, como Estado parte del Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Convenio de Chicago, 1944), se obliga a armonizar su legislación con los Estándares y Prácticas Recomendadas (SARPs) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI).

Esto implica que el diseño, operación y seguridad del complejo aeroespacial deben cumplir con los estándares internacionales en materia de navegación aérea, gestión del tráfico espacial y seguridad operacional.

Los acuerdos de cooperación científica y tecnológica suscritos con países como China, Rusia, Bielorrusia e Irán especialmente en el marco del lanzamiento de satélites como “Venesat-1” y “VRSS-1” refuerzan la legitimidad del proyecto aeroespacial venezolano, al estar enmarcado en la cooperación Sur-Sur y el respeto al derecho internacional del espacio ultraterrestre, incluyendo los Tratados de las Naciones Unidas sobre el Espacio Exterior.

La creación de un complejo aeroespacial en Venezuela no solo es jurídicamente viable, sino que

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

responde a un mandato constitucional y legal orientado a fortalecer la “soberanía tecnológica, el desarrollo científico, la seguridad nacional y la cooperación internacional”.

Su implementación debe realizarse mediante la articulación interinstitucional entre el Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, el INAC, el Ministerio del Poder Popular para la Defensa, el sector ambiental y otros actores relevantes, garantizando el cumplimiento integral del marco normativo vigente.

VUELO III VOCES DEL HANGAR



En el tercer horizonte se aprecia el enjambre autopoiético, las dinámicas de transformación y autoorganización emergen como un organismo vivo de luz y carne: docentes y robots forman un enjambre sináptico que flota en el vacío institucional, conectado por cuerdas de energía púrpura que pulsan como un corazón colectivo; en su centro, un núcleo caótico, herida abierta del sistema, se transmuta en doble hélice de ADN tecnológico, donde satélites, antenas y libros se entrelazan como cromosomas de la emergencia, demostrando que el orden no se impone, se gesta desde el desorden.

Este capítulo se orienta a interpretar los discursos, prácticas y estructuras que emergen de

esta articulación, considerando los aportes de los involucrados desde sus mundos de vida, experiencias formativas y trayectorias institucionales.

De ahí que su propósito es decodificar la praxis cotidiana del entorno aeronáutico, analizando la polifonía de los actores que convergen en el hangar. para configurar una cultura de seguridad y conocimiento compartido.

Diseño de la Nave

Se asumió el paradigma de la complejidad, tal como lo plantea Morin (2010) que implica un tejido de elementos heterogéneos, interrelacionados e inseparables, que configuran una realidad dinámica, incierta y multidimensional

Igualmente, se aplicó el enfoque mixto y el multimétodo. Se privilegia la estrategia de complementación, utilizada cuando se obtienen dos imágenes de un mismo objeto de estudio, una procedente de los datos cuantitativos, mediante el método deductivo y otra de la información cualitativa, con base al método hermenéutico.

Protocolo de Vuelo

Se incluyeron los testimonios de quienes han desempeñado cargos en el escenario aeroespacial en el contexto venezolano. La información se recogió mediante las técnicas de la encuesta aplicada a 40 docentes del IUAC, que dictan asignaturas en las diferentes carreras.

Además de tres informantes, personas con experiencia en el área aeroespacial, militares con rango de oficial superior y que también han sido profesores en asignaturas relacionadas con aeroespacial, a los cuales se realizó la entrevista en profundidad.

Ecos del Ensamblaje

El análisis de los datos cuantitativos obtenidos se efectuó aplicando la estadística descriptiva, cuyos resultados se presentan integrados, a continuación, en el gráfico 1.

En el gráfico evidencia que según el 64,3% de los encuestados expresaron que no se promueve la participación docente en proyectos de desarrollo tecnológico, con una percepción, también, negativa

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AERESPACIAL VENEZOLANO

respecto a los espacios para compartir experiencias docentes.

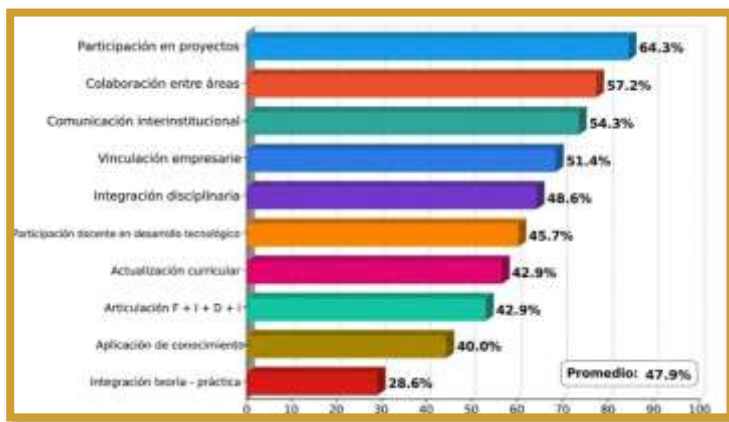


Gráfico 1. Gestión de la vinculación F+I+D+i

Fuente: Elaboración propia

Si bien existen iniciativas puntuales de vinculación con el desarrollo tecnológico, carecen de una estructura institucional sostenida, lo que sugiere la necesidad de fortalecer redes docentes y espacios colaborativos, fundamentales para la organización institucional.

Dentro de esta óptica, Maturana y Varela (1990) en su teoría de la autopoiesis menciona que la ausencia de redes docentes formales impide la resignificación colectiva de las prácticas

pedagógicas, un elemento clave para la autoorganización del sistema.

Los resultados muestran una clara percepción negativa en que no se promueven la participación en programas de ciencia y tecnología aeroespacial y en proyectos de soberanía tecnológica. Lo que contradice el objetivo de articular la formación, investigación y desarrollo, pues evidencian desconexión entre la misión institucional y las prácticas concretas.

Asimismo, esta percepción mayoritariamente negativa sugiere que la institución no estaría cumpliendo a plenitud su rol dentro del Sistema Nacional de Innovación (SNI), concepto desarrollado por Lundvall (1992) quien expresa que las universidades son actores fundamentales que, a través de la generación de conocimiento (función investigativa) y la formación de talento humano (función docente), alimentan la capacidad innovadora de una nación.

Se devela un panorama donde no se está ejerciendo un liderazgo proactivo en la formación de

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

talento especializado ni en la generación de proyectos de I+D+i dirigidos a la soberanía tecnológica. Bajo esta perspectiva, la transferencia de conocimiento y tecnología entre universidades ha sido un importante foco de investigación en la gestión de la innovación.

El 57,2% de los encuestados manifiestan que no existen colaboración efectiva entre áreas para el intercambio de conocimientos. Esto refleja una fragmentación institucional que limita la sinergia entre actores necesaria para la innovación.

En la práctica, esto se traduce en que el diseño de una aeronave más eficiente y sostenible requiere que ingenieros aeroespaciales, científicos de materiales, especialistas en inteligencia artificial y expertos en ciencias ambientales, que no solo aporten sus conocimientos de forma aislada, sino que colaboren desde las fases iniciales en la definición misma del problema, co-construyendo modelos computacionales y soluciones técnicas que son intrínsecamente híbridas.

Por lo tanto, la colaboración debe ser una

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

práctica estructurada y deliberada, fomentada a través de programas de formación que incluyan equipos de proyectos integrados, y sustentada en una cultura organizacional que valore la tolerancia epistemológica y la capacidad de traducir conceptos entre diferentes comunidades de práctica.

En definitiva, el avance en el sector aeroespacial del siglo XXI está inexorablemente ligado a la capacidad de institucionalizar esta colaboración transdisciplinar como el pilar fundamental de su ecosistema de innovación.

El 54,3% de los encuestados considera que no existe comunicación interinstitucional. Estos datos reflejan una débil articulación del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, que obstaculiza la articulación nacional en proyectos aeroespaciales, afectando la soberanía tecnológica y limitando la capacidad de generar redes de conocimiento.

La construcción de capacidades endógenas en el sector aeroespacial es un proceso complejo que trasciende las capacidades individuales de cualquier institución, requiriendo una vinculación estratégica y

simbiótica entre la colaboración y la comunicación interinstitucional.

Según la teoría de la triple hélice, el desarrollo innovador emerge de la superposición y la interacción dinámica entre la academia, la industria y el gobierno, donde cada esfera asume roles híbridos y coevolutivos.

Dentro de este escenario, la colaboración se refiere a la integración estructural y operativa de recursos, conocimientos y objetivos entre universidades, centros de investigación, empresas y agencias estatales para cocrear valor.

No obstante, esta colaboración es infructuosa sin una comunicación eficaz, entendida como un proceso de construcción de significados compartidos, alineación de expectativas y negociación de agendas.

Cabe destacar que, para la formación del talento humano avanzado, esta vinculación implica la creación de consorcios interuniversitarios-industriales donde los planes de estudio se diseñen en colaboración, mediante una comunicación fluida,

facilitando pasantías, laboratorios compartidos y las investigaciones tecnológicas.

La falta de una comunicación abierta y de confianza, por el contrario, conduce a la duplicación de esfuerzos, la desalineación de prioridades y la imposibilidad de generar una visión estratégica nacional compartida.

Bajo esta perspectiva, Ramírez (2020) afirma que las herramientas tecnológicas actuales son producto del conocimiento científico aplicado, resaltando que el verdadero valor reside en cómo hacer las cosas, donde la comunicación juega un papel definitorio según el objetivo que se persiga.

Por lo tanto, en un contexto multipolar la soberanía tecnológica no puede construirse en aislamiento, sino mediante alianzas estratégicas que potencien capacidades colectivas, esencial para el avance de la justicia social.

En definitiva, la colaboración sustantiva y la comunicación efectiva constituyen un dúo indisoluble. La primera proporciona la arquitectura organizacional para la acción colectiva. Mientras que

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

la segunda teje la red de significados y confianza que le da vida, siendo ambas condiciones sine qua non para que un país consolide un ecosistema aeroespacial soberano, innovador y sostenible.

El 51,4% de los encuestados percibe como negativa la existencia de vínculos con empresas del sector tecnológico. Esta debilidad en la cuádruple hélice (universidad-empresa-Estado-sociedad) limita la transferencia de conocimiento y la innovación aplicada.

La vinculación con la sociedad constituye una de las funciones sustantivas de la educación superior, al facilitar la interacción entre estudiantes, docentes y los contextos sociales reales en los que ejercerán su profesión.

Al respecto, Lujan (2025) señala que la vinculación es un eje estratégico en ecosistemas de innovación efectivo que ayuda a las organizaciones a aprender, adaptarse y crecer, siempre y cuando cuenten con las condiciones adecuadas para florecer.

El 48,6% de los encuestados consideran que

no hay integración disciplinaria. Esta resistencia evidencia la persistencia de lógicas disciplinares tradicionales que dificultan la transdisciplinariedad. Al respecto, Salas et al (2020) expresan que la transdisciplinariedad exige superar la fragmentación disciplinaria mediante enfoques que integren saberes y prácticas.

El 42,9% de los encuestados plantea que no se evidencia actualización curricular. Los resultados evidencian que prevalecen estructuras curriculares rígidas, lo que indica una integración incipiente. Esto es una desconexión entre los contenidos y los avances tecnológicos, lo cual obstaculiza la formación pertinente para el desarrollo aeroespacial. Lo que refleja una lógica aún centrada en la especialización aislada.

Esta rigidez curricular se erige como un obstáculo estructural de primer orden, debido a que compromete la formación de profesionales con las capacidades necesarias para cocrear conocimiento, una competencia fundamental para la autonomía estratégica nacional.

La falta de esta capacidad adaptativa, como se desprende de los datos, no solo frena la innovación educativa, sino que debilita la sinergia necesaria entre los actores del instituto para materializar un proyecto de soberanía tecnológica.

Serdyukov (2017) sostiene que la innovación en educación es un proceso disruptivo de mejora continua que, de manera sistemática, integra nuevos conocimientos, tecnologías y metodologías. El objetivo último de este proceso no es una mera adaptación, sino una transformación profunda del currículo para alinearlos con las demandas cambiantes de la sociedad.

El 42,9% de los encuestados, considera que no hay articulación entre formación, investigación, desarrollo e innovación. Lo planteado confirma la persistencia de la dicotomía entre docencia e investigación, una herencia del modelo tradicional de universidad que obstaculiza F+I+D+i.

De lo expuesto, se considera que la institución es eficaz en la ejecución de la docencia aplicada, pero tiene debilidades en la capacidad de abarcar

estrategias de mayor alcance en los programas académicos de vanguardia y proyectos de I+D+i (Investigación, desarrollo e innovación de soberanía tecnológica).

El 40% de los encuestados señala que los estudiantes no aplican conocimientos en contextos reales durante su formación. Solo el 28,6% de los encuestados consideran que no hay vinculación teoría-práctica. Lo que confirma el resultado obtenidos en ambas dimensiones. Este hallazgo es alentador por cuanto es mayor el porcentaje de encuestado que considera favorable ambas dimensiones.

Lo planteado podría constituir un punto de partida para escalar buenas prácticas hacia un ecosistema integrado. No obstante, su aislamiento sin respaldo en colaboración interinstitucional o actualización curricular limita su impacto sistémico.

Por lo tanto, la necesidad de defender la transdisciplinariedad como una forma de superar la compartimentalización del saber. Esto se refleja en proyectos estudiantiles que combinan ingeniería,

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

gestión de riesgos, informática, derecho aeronáutico y sostenibilidad.

En Venezuela, la aplicación de conocimientos en el sector aeroespacial exige reconocer la complejidad institucional, la escasez de recursos y la necesidad de resiliencia. El pensamiento complejo permite formar estudiantes capaces de navegar estas tensiones, articulando saberes técnicos con sensibilidad social y visión estratégica.

El promedio desfavorable (47,9%) obtenido para la variable muestra la insuficiencia en la gestión de la vinculación formación, investigación, desarrollo e innovación, siendo la mayor debilidad la no participación de los docentes en proyectos de desarrollo tecnológico y la mayor fortalece la integración de teoría y práctica en la formación.

Por consiguiente, se evidencia la necesidad de configurar un ecosistema integrado donde la articulación es esencial para la innovación hologramática y la soberanía tecnológica. En tal sentido, debe sustentarse en marcos complejos y redes colaborativas que articulen saberes, prácticas

y tecnologías.

Bitácoras vivas

Los hallazgos obtenidos producto de la interpretación de la información obtenida, mediante la entrevista, acerca de la vinculación de la formación, investigación, desarrollo e innovación, se presenta sistematizada en categorías y subcategorías, tal como se muestran en la tabla 2, a continuación.

Tabla 2

Categorías emergentes

Categoría: Integración y articulación de saberes
Subcategoría: Definición aeroespacial Articulación institucional Articulación académica
Categoría: Innovación y transferencia tecnológica
Subcategoría: Innovación hologramática Transferencia tecnológica
Categoría: Dinámicas de transformación y autoorganización
Subcategoría: Agentes de transformación Pensamiento emergente
Categoría: Visión prospectiva y resiliencia
Subcategoría: Soberanía tecnológica genuina Resiliencia territorial

Fuente: Elaboración propia

En relación con la categoría integración y articulación de saberes, el ecosistema aeroespacial venezolano se revela como una totalidad fragmentada en estado de transición, donde conviven capacidades humanas, tecnológicas e institucionales de alto valor con una estructura desarticulada que impide la sinergia.

Esta paradoja, diagnosticada por los actores del sistema, no responde a una carencia de elementos sino a la ausencia de una organización sistémica que permita su integración funcional. El sistema, aunque dotado de componentes organizados, opera como un conjunto sin coherencia, con un potencial de autoorganización que permanece latente y sin canalización efectiva.

De acuerdo Jantsch (1980) superar esta disyunción requiere una reconfiguración recursiva del sistema: donde la formación nutra la investigación, esta oriente el desarrollo y el conjunto I+D retroalimente la formación en un ciclo dinámico y autoorganizado.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

En este sentido, la tensión entre visiones simplificadoras y sistémicas atraviesa la definición del complejo aeroespacial. Mientras algunos actores proponen estructuras centralizadas bajo lógicas de comando, otros abogan por modelos de integración sinérgica que reconozcan la emergencia de propiedades organizacionales desde la interacción.

Esta divergencia no es menor: implica que cualquier intento de articulación debe evitar la imposición jerárquica y favorecer la coordinación adaptativa, reconociendo la complejidad como condición inherente del sistema.

En este escenario, la articulación institucional, lejos de ser un evento puntual, debe concebirse como un proceso continuo y autoorganizativo. La experiencia del satélite VRSS ilustra esta dinámica: un proyecto exitoso pero efímero que evidenció la viabilidad de la sinergia bajo condiciones claras, pero que no logró sostenerse por fallas estructurales y normativas.

En tal sentido, la articulación, por tanto, requiere marcos flexibles que permitan la

coevolución de los actores, superando la lógica del proyecto aislado y promoviendo una cultura de innovación abierta. En el ámbito educativo la fragmentación se manifiesta con especial agudeza.

La desconexión entre formación, investigación y desarrollo revela una hegemonía del Modo 1 de producción de conocimiento, centrado en lo disciplinar y autónomo, frente a las exigencias del Modo 2, que demanda transdisciplinariedad, contextualización y coproducción social.

Por consiguiente, es crucial la necesidad de un ecosistema integrado que fomente la coordinación adaptativa, no impuesta. La información obtenida no solo describe un problema de coordinación, sino un desafío: ¿cómo construir un sistema aeroespacial que sea, al mismo tiempo, técnico, humano, ético y político?.

Solo desde una lógica de complejidad, que abrace la incertidumbre y la diversidad, será posible superar la lógica fragmentaria actual y avanzar hacia una soberanía tecnológica verdaderamente emancipadora.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Esta categoría diagnóstica la disyunción disciplinar como obstáculo estructural y propone su superación dialéctica mediante: la reorganización curricular que incorpore la presencia de lo ausente: humanidades en ingeniería, ética en tecnología.

La articulación institucional como red actuarial sociotécnica, de formación de talento humano capaz de navegar la complejidad multidimensional del desarrollo aeroespacial es el eje central del ecosistema integrado.

En la categoría innovación y transferencia tecnológica, se evidencia el concepto de innovación hologramática, aunque no ampliamente difundido en la literatura convencional, emerge en este estudio para comprender cómo los actores del ecosistema aeroespacial venezolano imaginan, proyectan y, en algunos casos, ya practican formas no lineales, distribuidas y recursivas de generación de conocimiento tecnológico.

La metáfora del holograma, en la que cada parte contiene al todo, sirve aquí como marco para superar las lógicas fragmentadas de la innovación

tradicional. Esta formulación encarna con precisión el principio moriniano de la recursividad organizacional, donde los productos del sistema retroalimentan y transforman sus propias condiciones de producción.

La articulación entre agencias espaciales, universidades, industrias y marcos regulatorios nacionales, como lo evidencia la experiencia venezolana con la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE), requiere de modelos de gestión que reconozcan la incertidumbre, la retroalimentación y la transdisciplinariedad como condiciones inherentes al desarrollo aeroespacial.

Así, la innovación tecnológica se potencia cuando su transferencia incorpora no solo hardware y software, sino también capacidades cognitivas, institucionales y culturales que permitan reconfigurar los sistemas productivos y de conocimiento en función de un proyecto-país de largo plazo. De acuerdo con Buenrostro Mercado (2021).

Es la dimensión praxeológica y operativa del

ecosistema, que va más allá de la innovación como moda o importación tecnológica: se define como un proceso sociotécnico disruptivo, endógeno y hologramático que articula formación, investigación aplicada y desarrollo para cocrear soluciones pertinentes al contexto nacional, de acuerdo con lo planteado por Serdyukov (2017).

En el caso venezolano, esta categoría resignifica la innovación como acto de resistencia y emancipación: transferencia bidireccional con aliados no hegemónicos (China, Rusia, Irán); apropiación crítica de tecnologías para resolver problemas locales (drones agrícolas, satélites de observación) y superación de la dependencia tecnológica mediante la innovación hologramática, cada avance contiene la totalidad del sistema (formación, investigación, producción).

Es el motor de la soberanía tecnológica activa: no basta con formar ingenieros, hay que generar tecnología propia, útil y sostenible.

Las dinámicas de transformación y autoorganización, constituye el núcleo recursivo de

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

un ecosistema integrado de formación, investigación, desarrollo e innovación (F+I+D+i) orientado hacia la soberanía tecnológica en el complejo aeroespacial.

Esta dinámica no responde a una lógica lineal o determinista, sino que emerge de la interacción no lineal entre actores, saberes y estructuras, en un contexto caracterizado por la incertidumbre, la interdependencia y la multipolaridad geopolítica.

En este sentido, la transformación no es un resultado predeterminado, sino un proceso autoorganizado que se alimenta de dos subcategorías interdependientes: los agentes de transformación y el pensamiento emergente. Complementariamente, el pensamiento emergente se configura como la lógica cognitiva que posibilita la resignificación de las interacciones entre formación, investigación y desarrollo.

Los actores coinciden en que el futuro aeroespacial no puede construirse únicamente sobre logros tecnológicos o infraestructura, sino que requiere una reconfiguración profunda del

ecosistema institucional y simbólico que lo sostiene.

Esta observación, aparentemente sencilla, revela una crítica implícita a los modelos de innovación que ignoran las condiciones materiales de existencia de los actores, reproduciendo así la fuga de cerebros y la dependencia externa.

En este sentido, el bienestar no es un efecto secundario, sino un pilar constitutivo de la soberanía tecnológica. Por ejemplo, sin una autoridad regulatoria autónoma, los estándares técnicos carecen de legitimidad; sin políticas de datos abiertos y ciberseguridad, la innovación se vuelve vulnerable a interferencias externas; sin mecanismos de participación social, el proyecto pierde anclaje ético y político.

Este enfoque sistémico se alinea con la noción de innovación responsable, de acuerdo con Stilgoe, Owen & Macnaghten (2013), que exige anticipar impactos sociales, ambientales y geopolíticos desde las fases iniciales del diseño tecnológico

Esta cosmovisión, en un contexto donde la soberanía tecnológica compite con modelos

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

hegemónicos, la construcción de un imaginario aeroespacial endógeno se convierte en un acto de resistencia epistémica y cultural. Por lo tanto, el sistema integrado de F+I+D+i no puede construirse únicamente articulando instituciones o financiando proyectos.

Por el contrario, requiere tejer una trama de sentido que vincule lo técnico con lo ético, lo institucional con lo simbólico, y lo nacional con lo planetario y de esta forma será posible superar la lógica de la fragmentación y avanzar hacia una soberanía tecnológica no aislada, sino conectada, crítica y legítima.

Es la dimensión sistémica y evolutiva del ecosistema. Se basa en la teoría de la autopoiesis y las estructuras disipativas para explicar cómo un sistema educativo-innovador puede autoorganizarse frente a perturbaciones externas (bloqueo, escasez, aislamiento).

En la institución caso, esta categoría devela la contradicción estructural: existen iniciativas puntuales en participación tecnológica). Pero

carecen de estructura institucional sostenida en espacios colaborativos).

La solución convertir la institución en un sistema vivo que: genere agentes de transformación (docentes y estudiantes como nodos activos). Fomente pensamiento emergente (no planificado linealmente, sino surgido de interacciones). Construya redes docentes y estudiantiles como base de la autoorganización.

Es el principio de resiliencia institucional, el sistema no se adapta pasivamente, se transforma desde dentro, emergiendo más fuerte. Se comprende la resiliencia institucional como la capacidad de reorganizarse aprendiendo, de convertir las crisis en oportunidades para una reconfiguración creativa.

La soberanía tecnología genuina es un concepto dialectico que se constituye de la capacidad del sistema para definir sus propias metas, generar conocimiento y tecnología desde dentro, representado por los prototipos nacionales.

Además, de acoplarse al entorno global para

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

aprender y negociar, mediante alianzas internacionales y la comprensión de que es un proyecto de décadas, es decir, un proceso dinámico que requiere persistencias más allá de las coyunturas.

La soberanía tecnológica se configura como un proceso autoorganizado y adaptativo, donde la formación, investigación, desarrollo e innovación interactúan de forma recursiva, generando propiedades emergentes que trascienden la mera suma de sus partes.

En este sentido, la resiliencia del sistema aeroespacial nacional depende no solo de su capacidad técnica, sino de su habilidad para integrar saberes, movilizar narrativas identitarias y aprender colectivamente. Así, la soberanía tecnológica genuina se resignifica como un horizonte de construcción colectiva, donde la autonomía no se opone a la interdependencia, sino que la condiciona ética y estratégicamente.

Por tanto, el ecosistema integrado a configurar debe ser recursivo, institucionalizando esta

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

dialéctica. Debe diseñar estructuras (consejos nacionales, centros de innovación) que fomenten la autorreferencia a través de proyectos emblemáticos y la formación de talento.

Simultáneamente, debe crear mecanismos (oficinas de vinculación internacional, cláusulas en los acuerdos) que gestionen la hetero-referencia de forma estratégica. Crucialmente, debe instaurar una memoria organizacional y una visión de largo plazo que proteja al sistema de sus propias fluctuaciones políticas internas, permitiéndole seguir una ruta tecnológica sostenida y acumulativa.

En esta concepción, la soberanía es la capacidad de un sistema complejo para mantener su identidad y propósito en el tiempo, a través de una constante y productiva gestión de la tensión entre su autonomía y su necesaria dependencia del entorno.

Es la dimensión teleológica y estratégica del ecosistema, que integra la prospectiva estratégica (escenarios futuros) con la resiliencia institucional (capacidad de resistir y regenerarse) para proyectar un futuro de soberanía tecnológica genuina.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

En el contexto venezolano, esta categoría articula tres escalas: territorial, el Waraira Repano, el Orinoco, los Andes como base material y simbólica de la resiliencia. Institucional, el IUAC como nodo clave del Sistema Nacional de Innovación. Global, alianzas Sur-Sur como contrapeso a la hegemonía tecnológica del Norte.

La soberanía tecnológica genuina no es un fin técnico, sino un proyecto civilizatorio, formar profesionales que no solo dominen la técnica, sino que piensen el futuro del país; construir trayectorias de desarrollo endógenas frente a la incertidumbre. Es el horizonte ético-político del ecosistema: formar para la libertad tecnológica nacional, no para la dependencia disfrazada de modernidad.

Integración reflexiva de la mixtura cuanti-cuali

Los hallazgos cualitativos y resultados cuantitativos no se yuxtaponen como fragmentos disyuntos, sino que emergen como expresiones recursivas de un mismo sistema socio-técnico en gestación: el ecosistema formativo-innovador del complejo aeroespacial venezolano.

Los resultados cuantitativos que evidencian abrumadoras negatividades en colaboración interinstitucional revelan no sólo estadísticas, sino patrones de disyunción que ralentizan la emergencia de sinergias hologramáticas.

Paralelamente, los hallazgos cualitativos iluminan esta disyunción como un proceso relacional: el complejo aeroespacial no es una estructura estática, sino una red actoral en auto-eco-organización, donde la fragmentación disciplinar actúa como fuerza disipativa que impide la transdisciplinariedad holística.

Esta articulación dialéctica trasciende la linealidad causal para inscribirse en una lógica recursiva: los vacíos en actualización curricular equilibrios precarios no son deficiencias aisladas, sino retroalimentaciones negativas que refuerzan la rigidez institucional, a su vez alimentada por la ausencia de objetos límite en la colaboración interáreas de percepciones negativas.

Sin embargo, emerge un nodo de resiliencia en la integración teoría/ practica y la aplicación práctica

de conocimientos por estudiantes, que cualitativamente se interpreta como praxis transformadora, un germen de conexión que, al no escalar sistémicamente, queda atrapado en la dicotomía docencia-investigación. Así, el fenómeno se comprende como un sistema abierto en tensión.

La soberanía tecnológica multipolar no surge de la suma de partes, enfoques pedagógicos tradicionales vs intentos interdisciplinarios incipientes, sino de la emergencia relacional entre actores, saberes y contextos, donde la inconexión paradigmática genera perturbaciones que, paradójicamente, invitan a una reorganización paradigmática.

Esta reflexión crítica devela que la innovación no es un output lineal, sino una emergencia hologramática, donde cada dimensión curricular, colaborativa, vinculante, contiene y es contenida por el todo, exigiendo una inteligencia colectiva para navegar la incertidumbre geopolítica y tecnológica.

VUELO IV ÓRBITAS EMERGENTES



En el cuarto horizonte prospectivo, la visión y resiliencia se alza como una ceiba futurista cuyas raíces perforan la geografía venezolana y cuyas ramas sostienen estaciones orbitales; desde su tronco, un ojo holográfico proyecta tres burbujas de futuro: una apagada, una equilibrada, una radiante; la primera es la muerte por inercia, la segunda la supervivencia por adaptación, la tercera la soberanía por creación y en el viento que atraviesa sus hojas, ondean banderas que no piden permiso, anuncian que el futuro no se espera, se siembra.

Este capítulo presenta el ecosistema F+I+D+i

del complejo aeroespacial venezolano, que se estructura en componentes recursivos e interdependientes, donde cada uno funciona como un holograma del todo, contiene en sí mismo los principios que lo rigen para lograr la articulación sistémica.

Así, la disyunción no se elimina, sino que se transforma en materia prima para la sinergia y la fragmentación se reconoce como un estado transicional hacia nuevas formas de coherencia relacional.

Encendido de motores

Parte del reconocimiento que la soberanía tecnológica no puede imponerse desde la lógica del control, sino que debe emerger desde la inteligencia colectiva, de redes vivas que operan en un entorno multipolar y geopolíticamente tensionado.

Por ello, no busca arreglar el sistema, sino reconfigurarlo mediante la activación de nodos críticos donde las tensiones entre formación, investigación, desarrollo e innovación puedan catalizarse en vínculos no previstos.

En este sentido, responde a una necesidad: superar la dualidad entre crítica y acción mediante una praxeología hologramática que haga del conocimiento un acto simultáneamente geoestratégico, tecnológico y político.

Opera en ciclo continuo, sin jerarquías ni puntos de partida absolutos. En tal sentido, la disyunción diagnosticada, por ejemplo, no es una fase inicial, sino una dimensión permanente que se actualiza en cada interacción entre actores, saberes y contextos.

De igual modo, la emergencia sinérgica no es un resultado terminal, sino un horizonte recurrente que se materializa en micro proyectos de innovación que, al mismo tiempo, retroalimentan las estructuras relacionales del sistema.

Incorpora una métrica no instrumental que evalúa en qué medida cada componente refleja la totalidad del sistema en su configuración relacional. Este índice no mide eficiencia, sino coherencia compleja, permitiendo detectar tanto disipaciones como potenciales de emergencia en tiempo real. Así, se posiciona como un dispositivo de inteligencia

situada, capaz de navegar la incertidumbre mediante la resignificación continua de lo que significa integrar en contextos de alta complejidad.

Vectores de impulso

El ecosistema aborda el vacío la fragmentación detectada mediante la incorporación del NET como espacio permanente de crítica y reconfiguración, articulado con sus otras dimensiones.

Así mismo, responde a la brecha entre la percepción y la praxis, aunque existe un discurso institucional de integración, esta no se materializa en redes vivas de colaboración. La RASC, como componente sociocognitivo, permite capturar, comprender y transformar los significados que los actores construyen sobre la fragmentación y la conexión, generando una base simbólica común para la acción colectiva; abrazando una lógica de co-construcción de sentidos, esencial en contextos donde la desconfianza institucional es alta.

Permite convertir tensiones en potencias; porque introduce una lógica dialéctica relacional, no

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

busca la síntesis como fin, sino como paso transitorio en un ciclo continuo de contradicción, mediación y emergencia. Esta estructura permite integrar tanto los enfoques pedagógicos tradicionales como los intentos interdisciplinarios incipientes.

Esto, sin negar sus lógicas internas, sino mediándolas a través de prácticas compartidas (proyectos de vehículo aéreo no tripulado (UAV), lanzadores). Así, la dicotomía docencia-investigación se transforma en un campo de experimentación dinámico.

Por último, responde a la necesidad de articular lo local con lo global sin caer en dependencia. La ASM integra aliados multipolares (Rusia, China, industria nacional), recursos endógenos (conocimiento estudiantil, infraestructura académica) y protocolos de contingencia (ante sanciones o bloqueos), configurando un ecosistema resiliente que no depende de un solo eje de poder. Esta arquitectura multipolar es coherente con la postura geopolítica del país y con la exigencia de una soberanía tecnológica situada, no universalista.

Maniobra de trayectoria

Plantear el ecosistema de formación, investigación, desarrollo e innovación para el complejo aeroespacial venezolano, que active sinergias recursivas, es en sí un proceso de innovación hologramática, que implica un conjunto de maniobras orbitales.

Entre estas operacionalizar la unidad del conocimiento que es un espacio operativo que hace de cada interacción un microcosmos de soberanía, configurando el complejo aeronáutico venezolano como laboratorio de conocimiento vivo donde la transdisciplinariedad es práctica cotidiana.

Maniobras orbitales.

El complejo aeronáutico como sistema sociotécnico en auto-eco-organización. La fragmentación como forma de ser institucional caduca se reemplaza por un ser en conexión. Un prototipo estudiantil no es objeto, sino que contiene el todo: formación, investigación e innovación. En contexto de sanciones, las perturbaciones se convierten en bifurcaciones creativas hacia

soberanía.

El ecosistema concibe el complejo aeronáutico como ser-en-devenir, sus actores no poseen el sistema, sino que lo constituyen mediante interacciones. La no participación en proyectos se reinterpreta como potencial latente que emerge al conectar redes. Esta sistema relacional se concibe como configuración viva donde la soberanía es propiedad emergente de la autoorganización en redes multipolares adaptativas.

Captura recursiva de procesos emergentes.

Su desarrollo integra análisis de redes dinámicas (DSNA) con modelado longitudinal de agentes (ABM-L) para rastrear flujos temporales de colaboración. La comunicación interinstitucional débil se convierte en series relacionales que revelan cómo sanciones generan retroalimentaciones no lineales. Lo novedoso aquí es el Dashboard SDE, un observatorio vivo que genera inteligencia prospectiva.

Conocimiento aeroespacial soberano. Este en Venezuela es una construcción relacional, mediada

por actores, contextos y perturbaciones externas como sanciones. Se concibe el conocimiento como proceso incompleto y abierto, donde la transdisciplinariedad revela no solo lo que se sabe, sino lo que no se puede saber en aislamiento disciplinar.

En este sentido, en el IUAC, los significados actorales sobre fragmentación exponen los límites gnoseológicos de la especialización: el saber técnico es necesario, pero insuficiente sin conexión ética y geopolítica. Este límite es una invitación a la incertidumbre creativa.

El ecosistema que se propone materializa esta dimensión al hacer de cada interacción un acto de conocimiento parcial que, al conectarse, genera una totalidad emergente. Así, el complejo aeronáutico abraza el conocimiento como relación viva en constante reconfiguración.

Soberanía como valor ético-político de justicia. Se posiciona la soberanía tecnológica como imperativo ético de justicia social. La fragmentación reproduce una injusticia cognitiva, de

acuerdo con Santos (2014) que margina saberes endógenos. La propuesta es una axiología de conexión responsable que valora la praxis estudiantil por su potencial liberador.

Inspirados en Freire (1970) se concibe la formación como acto de co-creación donde estudiantes y comunidades indígenas participan en proyectos satelitales para observación ambiental. Este componente valora la multipolaridad como principio ético. Así alianzas con Rusia o China deben garantizar equidad en la transferencia de conocimiento.

El ecosistema materializa esta axiología mediante objetos límite éticos que traducen valores diversos en soluciones colectivas. Así, cada interacción en el complejo aeronáutico es un acto de responsabilidad axiológica hacia un desarrollo techno-social justo, donde la soberanía es valor emergente de la conexión solidaria

Soberanía tecnológica finalidad emergente.

Es no predeterminada, surge de la articulación de dinámicas actorales. Es una direccionalidad interna

del sistema hacia la justicia techno-social. La innovación hologramática persigue la capacidad colectiva de co-crear futuros posibles en multipolaridad. Es una finalidad de la bifurcación creativa, sanciones no frustran el fin, sino que lo reconfiguran.

Esta finalidad se materializa en proyectos-umbral como nanosatélites indígenas, donde el propósito emerge de la conexión entre actores. La soberanía es proceso ético continuo, no meta estática. Así, el complejo aeronáutico se orienta hacia un futuro donde la finalidad no es poseer tecnología, sino ser capaces de imaginarla colectivamente en redes vivas y resilientes.

Arquitectura orbital del ecosistema

El ecosistema integrado diseñado para articular la formación, investigación, desarrollo e innovación en el IUAC como núcleo generador del complejo aeroespacial venezolano (CAV) opera bajo el principio hologramático, donde cada componente contiene la totalidad del sistema y, a su vez, es contenido por este.

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

En tal sentido, en un contexto de asimetría geopolítica y sanciones internacionales, propone una emergencia relacional que resignifica las interacciones actorales hacia la soberanía tecnológica multipolar.

El ecosistema, quedó estructurado en cinco componentes recursivos: Núcleo transdisciplinar (NET), Red actoral de significados compartidos (RASC), Espacios dialecticos de formación, investigación, desarrollo e innovación (EDFI), Sistemas de dinámicas emergentes (SDE), Arquitectura sinérgica multipolar (ASM) dispuestos en un ciclo continuo de retroalimentación (CHER).

En este el diagnóstico alimenta la comprensión actoral, esta genera interpretación dialéctica, que devela dinámicas emergentes, las cuales finalmente se articulan en una arquitectura sinérgica.

Esta configuración no es jerárquica ni secuencial, sino hologramática y autopoietica, permitiendo que un proyecto estudiantil de nanosatélite, por ejemplo, sea simultáneamente análisis, relato, contradicción resuelta, flujo

observado y configuración soberana.

De igual manera, operativamente, el ecosistema se realiza mediante pilotos estratégicos en el IUAC, como el Proyecto Satélite Simón Bolívar II, que activa los cinco componentes en paralelo: el NET mapea las lógicas disciplinares del diseño orbital, el RASC captura los significados de docentes y estudiantes sobre colaboración.

El EDFI resuelve la tensión entre teoría y prototipo, el SDE monitorea flujos interinstitucionales y la ASM asegura la integración con aliados nacionales e internacionales (alianzas estratégicas). Este enfoque garantiza que la innovación no sea un evento aislado, sino una propiedad emergente del sistema.

El EIFI no solo describe la fragmentación actual, sino que la transforma en condición de posibilidad, tomando como base el paradigma de la complejidad, no impone soluciones externas, sino que potencia las capacidades endógenas del complejo aeroespacial venezolano, haciendo de la limitación una fuente de creatividad estratégica.

Núcleo transdisciplinar (NET). Opera como un dispositivo crítico y generativo que interroga los fundamentos que sostienen la fragmentación en el ecosistema F+I+D+i del complejo aeroespacial. Asume la transdisciplinariedad como una condición de posibilidad para la emergencia conocimiento relacional.

Su función es doble, por un lado, cartografiar las lógicas inhibitorias como la disyunción disciplinar o la rigidez curricular que impiden la configuración de un “tercer espacio del saber”. Por el otro, identificar potenciales sinergias transversales que puedan cristalizarse en prácticas integradas.

Este núcleo no es un comité evaluador, sino una dinámica permanente de auto-eco-análisis, alineada con la idea de que “el conocimiento del conocimiento es el conocimiento de su ceguera”, según Morin (2008, p. 43).

En contextos como el venezolano, donde la soberanía tecnológica se construye en medio de tensiones geopolíticas y limitaciones estructurales, el NET propone una racionalidad emergente que no

niega la disciplina, pero la sitúa en relación dialógica con otras formas de saber.

Por ejemplo, el análisis anual de los currículos del IUAC, UNEFA, UMBV, INIA y ESAT no busca solo detectar inconsistencias, sino transformarlas en puntos de partida para redes de conocimiento que articulen ingeniería, ética, tecnología, política y ambiente.

Este componente también responde a uno de los vacíos identificados: la ausencia de marcos operativos que traduzcan la unidad del conocimiento en métricas relacionales.

A diferencia de enfoques tecno-cientificistas que miden integración por número de proyectos conjuntos, el NET propone mapas de disyunción que visualizan no solo qué se aprende, sino cómo se configuran los límites entre conocimientos y saberes.

Esta cartografía no es estática, se alimenta continuamente de los datos del SDE y las narrativas de la RASC, en un bucle recursivo. Es un punto de reflexividad permanente del ecosistema que le permite autorregularse. Al articular crítica y creación,

desmonta la ilusión de neutralidad del conocimiento académico y abre el camino a una transdisciplinariedad situada, capaz de dialogar con saberes endógenos, estratégicos y emergentes en contextos de alta incertidumbre.

Red actoral de significados compartidos (RASC). Constituye una plataforma sociocognitiva donde los actores del complejo aeroespacial docentes, estudiantes, investigadores, técnicos construyen, en colaboración, sentidos colectivos sobre los conceptos de fragmentación, integración y soberanía tecnológica. Inspirada en la teoría del actor-red, la RASC no supone que los actores poseen significados preestablecidos, sino que estos se generan en la interacción dialógica.

En este sentido, la RASC trasciende los enfoques comunicacionales tradicionales, que reducen la colaboración a la transferencia de información y abraza una lógica de traducción relacional, donde los significados se resignifican en el proceso mismo de su enunciación.

Los relatos dialógicos y narrativas emergentes

utilizados en la RASC se fundamentan en la fenomenología hermenéutica, de acuerdo con Ricoeur (1981) y en la pedagogía crítica de Freire (2018), para quienes el lenguaje es un acto constitutivo de mundo.

Así, cuando los docentes y estudiantes producen un relato colectivo de la fragmentación, desvelan las estructuras simbólicas que sostienen la disyunción. Este acto de enunciación colectiva funciona como una praxis epistémica que antecede y posibilita la acción coordinada.

En consecuencia, la RASC también responde al nodo crítico de la fragmentación relacional intra e interinstitucional. Al documentar y reconfigurar los significados que los actores atribuyen a la colaboración (o su ausencia), la red permite identificar no solo qué impide trabajar juntos, sino qué representaciones colectivas alimentan esa parálisis.

Por ejemplo, la percepción de que “la investigación es elitista” o que “la industria no entiende a la academia” no es un dato anecdótico,

sino un obstáculo simbólico que debe transformarse antes de cualquier reestructuración organizativa.

La RASC, por tanto, actúa como un campo de simbolización crítica, donde la inteligencia colectiva puede dismantelar narrativas paralizantes y construir otras orientadas a la acción sinérgica.

La RASC se entrelaza recursivamente con los demás componentes: sus narrativas alimentan el NET con material empírico para el análisis, informan al EDFI sobre las tensiones que deben mediar dialécticamente, y ofrecen al SDE indicios cualitativos sobre flujos relacionales emergentes. En este entramado, la significación compartida es un medio de autoorganización social en contextos complejos.

Espacio dialéctico F+I+D+i (EDFI). Es una estructura interpretativa que opera mediante matrices dialécticas relacionales, donde la tesis (aislamiento disciplinar), la antítesis (intentos integradores) y la síntesis (vínculo emergente) no constituyen un ciclo recursivo de tensión y reconfiguración. Inspirado en la dialéctica compleja

de Morin (2008) el EDFI reconoce que la contradicción es una fuente de creatividad sistémica.

Por ejemplo, en el proyecto UAV sostenible, la formación (diseño aeronáutico), la investigación (materiales compuestos), el desarrollo (prototipo) y la innovación (aplicación en monitoreo ambiental) no se articulan mediante negociaciones cognitivas y prácticas que emergen en la intersección de sus lógicas internas.

En este sentido, este componente se alinea con la noción de modelo de producción del conocimiento, donde el conocimiento se genera en contextos de aplicación, mediante equipos heterogéneos y con criterios de calidad contextualizados.

El EDFI busca disolver las fronteras operativas F+I+D+i, mediante la construcción de objetos límite que permitan la traducción mutua entre comunidades académicas. De allí que, un UAV, en este sentido, no es solo un artefacto técnico, sino un nodo de convergencia donde se negocian saberes, valores y futuros posibles.

En un sentido más amplio, la matriz dialéctica del EDFI también incorpora una dimensión ética y política. La dicotomía entre docencia e investigación se resuelve mediante proyectos que hagan de la docencia un acto de investigación situada y de la investigación un acto pedagógico.

Esta perspectiva resuena con la noción de ecología de saberes de Santos (2010) donde la integración implica el reconocimiento equitativo de múltiples formas de conocimiento en un marco común de acción. En coherencia con el paradigma de la complejidad, el EDFI produce “síntesis provisionales” que, al incorporarse en la práctica, generan nuevas tensiones y mediaciones.

Así, cada proyecto integrado (como el lanzador ligero soberano) no es un cierre, sino una perturbación que retroalimenta al NET, enriquece la RASC y es monitoreado por el SDE. El EDFI, por tanto, es el corazón relacional del ecosistema, el lugar donde se concreta la acción colectiva.

Sistema de dinámicas emergentes (SDE).

Funciona como un observatorio en tiempo real

que detecta, analiza y potencia los flujos relacionales, nodos de bifurcación y patrones de sinergia que surgen espontáneamente. Inspirado en la teoría de sistemas complejos y la noción de estructuras disipativas, el SDE parte del principio que el orden emerge del caos creativo de las interacciones microscópicas. En este sentido, el SDE busca crear las condiciones para que emerja de manera autoorganizada.

Este componente responde al vacío identificado, de incapacidad de los instrumentos cuantitativos tradicionales para capturar la recursividad temporal de los procesos sociales; el SDE utiliza sensores relacionales entrevistas periódicas, análisis de redes sociales organizacionales, seguimiento de proyectos para trazar trayectorias de emergencia.

Por ejemplo, el seguimiento de la interacción entre docentes del IUAC y técnicos de la industria militar mapea cómo esa relación evoluciona tras perturbaciones externas (como sanciones) o internas (como la creación de un laboratorio

compartido).

No obstante, la noción de “nodos de bifurcación” proviene directamente de la teoría del caos, según Gleick (1987) se refiere a momentos críticos en los que un sistema puede evolucionar hacia un nuevo estado de orden o caer en disipación. El SDE está diseñado para identificar estos umbrales y activar mecanismos de refuerzo positivo que favorezcan la emergencia sinérgica.

Por ejemplo, si se detecta que un grupo de estudiantes está desarrollando un prototipo con apoyo de FUNDACITE, el SDE puede movilizar recursos del ASM para escalar esa iniciativa antes de que se disipe por falta de apoyo institucional.

En coherencia con el principio hologramático, el SDE es una dimensión inmanente al sistema. Sus hallazgos retroalimentan al NET (al revelar nuevas lógicas inhibitorias), enriquecen la RASC (al incorporar nuevas narrativas de colaboración) y alimentan al EDFI (al identificar tensiones que requieren mediación dialéctica). Así, materializa la idea de que “observar es intervenir”, de acuerdo con

Maturana & Varela (1987) al hacer visible lo emergente, lo potencia.

Arquitectura sinérgica multipolar (ASM). Es la estructura articuladora que configura el ecosistema integrado F+I+D+i en un contexto de cooperación multipolar. La ASM incorpora una cuádruple (o múltiple) hélice que incluye actores internacionales no tradicionales, industrias estratégicas nacionales, instituciones académicas y redes locales de innovación.

Esta arquitectura busca la complementariedad asimétrica, reconociendo que la soberanía tecnológica en contextos periféricos solo puede lograrse mediante alianzas inteligentes y críticas. Se fundamenta en una visión geopolítica de la ciencia y la tecnología que abraza una epistemología situada. En este marco, la cooperación con actores no occidentales es una estrategia de diversificación cognitiva y tecnológica que reduce la dependencia unilateral.

El consorcio complejo aeroespacial multipolar, IUAC, FUNDACITE, industria militar y aliados

estratégicos internacionales es un dispositivo geopolítico de conocimiento que reconfigura los flujos globales de innovación desde el sur global.

La ASM también introduce una métrica innovadora: el Índice de articulación hologramática (IAH), que evalúa en qué medida cada actor, proyecto o recurso refleja la totalidad del sistema. A diferencia de indicadores tradicionales (número de patentes, publicaciones), el IAH mide la presencia recursiva del todo en cada parte-

En un ejemplo, un curso de diseño aeronáutico no es exitoso por su matrícula, sino por su capacidad para incorporar dimensiones de investigación aplicada, desarrollo tecnológico y diálogo con la industria. Este índice se alinea con la lógica compleja de Morin (2008): lo local contiene lo global y viceversa.

De igual manera, la ASM incluye protocolos de contingencia que anticipan perturbaciones geopolíticas (sanciones, bloqueos) y activan planes de resiliencia basados en recursos endógenos. Así, la arquitectura es adaptable, y su éxito se mide por

la capacidad de reconfiguración ante la incertidumbre. En este sentido, la ASM es la encarnación operativa del principio complejo: integrar sin homogeneizar, cooperar sin subordinar, y articular sin jerarquizar.

La ASM es el componente responsable de articular operativamente la formación, investigación, desarrollo e innovación en una estructura integrada, soberana y clusterizada. Inspirada en la cuádruple hélice extendida, de acuerdo con Omonijo & Zhang, (2025).

En consecuencia, reconfigura universidad, industria, gobierno y sociedad civil en un contexto multipolar donde los aliados estratégicos funcionan como nodos externos de resonancia. La ASM es una configuración emergente que se adapta a las dinámicas reveladas por el SDE y se retroalimenta del ciclo CHER.

Opera mediante dos subsistemas interdependientes: de consorcios operativos multinivel (COM) y el mecanismo de financiamiento soberano (MFS).

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

El COM en el nivel 1 (nacional) opera con: IUAC, formación; ABAE/FUNDACITE, investigación; CVG/empresas mixtas, desarrollo y sector privado local, drones, materiales.

En el nivel 2 (internacional) comprende: Corporación Estatal Espacial Rusa (Roscosmos), Corporación de Ciencia y Tecnología Aeroespacial de China (CASC), Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO) con cláusulas de formación local $\geq 70\%$ y transferencia condicionada.

El nivel 3 (Clusters) referido a: Zonas de Innovación Aeroespacial (ZIA) en Aragua, Guárico y Amazonas como nodos de triple hélice extendida. Los COM funcionan bajo protocolos de contingencia que activan rutas endógenas (impresión 3D, software libre) o trueque multipolar ante sanciones.

El mecanismo de financiamiento soberano (MFS), corresponde al Fondo Soberano de Innovación Aeroespacial (FSIA): 60 % Estado (PDVSA, MINCYT), 30 % cooperación Sur-Sur (créditos blandos) y 10 % autogestión (patentes, spin-offs, crowdfunding académico).

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

Comprende: la regla de oro: acceso a fondos solo para proyectos con $IAH \geq 0.7$ y la ruta de contingencia financiera, criptoactivos soberanos o trueque tecnológico. El MFS mide resiliencia mediante el Índice de Resiliencia Financiera (IRF).

En virtud de ello, el éxito de la ASM se evalúa mediante el Índice de articulación hologramática (IAH), que mide hasta qué punto un proyecto contiene el todo. Así un curso de diseño satelital que genera prototipo, patente, alianza con Roscosmos y spin-off local obtiene IAH alto.

Este componente cierra el ciclo hologramático del ecosistema integrado de F+I+D+i transformando la soberanía tecnológica en propiedad emergente continua, donde cada consorcio y cada bolívar invertido son microcosmos del CAV multipolar, resiliente y clusterizado.

Una vez descrito cada uno de los componentes del sistema se presenta en forma gráfica su estructura, el cual se configuró con los componentes recursivos NET, RASC, EDFI, SDE y ASM dispuestos en un ciclo continuo de retroalimentación

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

(CHER).



Figura 1. Ecosistema

Fuente: Elaboración propia como Gemini AI

VUELO V RUMBO A LA SOBERANÍA



El sistema propuesto se erige como un aporte organizativo creativo dirigido a reconfigurar el complejo aeroespacial venezolano, partiendo de una crítica a la fragmentación estructural que actualmente lo caracteriza.

Así el objetivo de este último vuelo es invitar a nuestros lectores a disfrutar de las reflexiones posteriores a un vuelo con nubes, ese momento en

que, una vez apagados los motores y llegado a su destino por fin, puede procesar la inmensidad de la trayectoria trazada y la lección que solo se aprende al observar, desde la cabina, la inalterable serenidad de la atmósfera sobre el horizonte.

Aterrizaje exitoso

La obra propone la integración de la formación, investigación, desarrollo e innovación, en un proceso de resignificación de las interacciones entre los actores del sector, entendiendo que la soberanía tecnológica en un contexto multipolar exige una articulación sinérgica y transdisciplinaria.

Este enfoque reconoce que la capacidad de respuesta del complejo aeroespacial ante los desafíos globales depende, en gran medida, de la coherencia y alineación de sus componentes fundamentales.

En este sentido, uno de los pilares centrales del texto es el análisis de los fundamentos que subyacen a la formación en las instituciones del sector, tomando como premisa de que las lógicas disciplinarias tradicionales, frecuentemente aisladas

y auto referenciadas, inhiben la transdisciplinariedad necesaria para abordar problemas complejos.

Esta fragmentación no es solamente organizativa, sino que tiene raíces profundas en la forma en que el conocimiento se produce, valida y comparte, lo que limita la emergencia de soluciones innovadoras y holísticas.

La comprensión de los significados que los actores atribuyen a esta fragmentación es crucial. Estas representaciones sociales no son estáticas; son el resultado de trayectorias históricas, condiciones estructurales y relaciones de poder que median la percepción de lo posible y lo deseable en el ámbito aeroespacial.

En consecuencia, la interpretación dialéctica de estos significados permitió develar las tensiones y contradicciones inherentes a la relación entre formación académica, investigación aplicada y desarrollo tecnológico en Venezuela.

Se asume que esta relación no es lineal, ni armónica, sino que está mediada por conflictos de interés, asimetrías en el acceso a recursos y visiones

divergentes sobre el fin último del quehacer tecnológico. En tal sentido, superar estas contradicciones exige un proceso de síntesis superadora que integre estos polos aparentemente antagónicos en una lógica de complementariedad.

En virtud de ello, el concepto de innovación hologramática emerge como una categoría analítica clave. Este término sugiere que cada componente del sistema formación, investigación, desarrollo debe contener, en sí mismo, la lógica y la potencialidad del todo.

Así, la formación debe fomentar la capacidad de investigar, innovar y contribuir al desarrollo endógeno, reflejando en su estructura interna la complejidad del ecosistema aeroespacial en su conjunto. Por tal razón, el ecosistema integrado propuesto implica, necesariamente, una resignificación de conceptos nodales como soberanía, innovación y desarrollo.

La soberanía tecnológica se concibe como la capacidad de agencia crítica en un contexto multipolar, donde la interdependencia y la

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

cooperación son inevitables, pero deben gestionarse desde la autonomía estratégica. La innovación, por su parte, se redefine como un proceso social, colectivo y contextual, que trasciende la adopción de tecnologías foráneas.

En función a lo señalado, se abraza la idea de que el sistema aeroespacial es un todo organizado cuyas propiedades emergen de la interacción dinámica entre sus partes; en dónde su potencial para generar órdenes nuevos a partir de la interacción de sus actores se convierte en el motor principal para la transición hacia uno más integrado, resiliente y alineado con las necesidades nacionales.

Se trata, en esencia, de un vuelo conceptual y práctico orientado a posicionar a Venezuela como un actor con voz propia en el escenario aeroespacial multipolar del siglo XXI.

Reencender motores

En este aparte se proponen acciones concretas hacia la integración de la formación, investigación, desarrollo e innovación para la creación del ecosistema del complejo aeroespacial venezolano

como eje dinamizador de la soberanía tecnológica genuina en un contexto multipolar.

Así se plantea, reconfigurar el currículo desde una perspectiva transdisciplinaria y contextualizada, dónde se transforme los programas de formación en ingeniería aeroespacial y áreas afines hacia estructuras curriculares flexibles y sensibles a los cambios tecnológicos, científicos y sociales que permita la vinculación entre saberes técnicos, tecnológicos, humanísticos, ecológicos, éticos y políticos.

Todo esto, bajo el principio hologramático de que cada componente curricular contenga la totalidad del proceso formativo y el currículo se convierta en un espacio de interacción entre docencia, investigación e innovación.

Institucionalizar una gobernanza compleja y recursiva del ecosistema aeroespacial a través de la creación de un Consejo Nacional de Articulación Aeroespacial integrado por universidades e Institutos Universitarios, la ABAE, INAC, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, empresas públicas y

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

privadas a nivel nacional e internacional y actores comunitarios que permita superar la fragmentación institucional.

Esta estructura debe operar bajo principios de autoorganización, retroalimentación y corresponsabilidad, promoviendo una gestión basada en redes de cooperación y aprendizaje continuo.

Consolidar una cultura de innovación hologramática y soberanía tecnológica, promoviendo la innovación como proceso emergente que facilite la creación de laboratorios de innovación en universidades y centros de investigación.

En estos equipos transdisciplinarios desarrollen proyectos orientados a la resolución de problemas locales con articulación con los niveles nacionales y globales mediante redes de cooperación multipolar, garantizando que cada innovación refleje el todo sistémico del ecosistema aeroespacial venezolano.

Fortalecer consorcios multipolares con cláusulas de formación local y transferencia

ECOSISTEMA INTEGRADO F+I+D+I DEL COMPLEJO AEROESPACIAL VENEZOLANO

condicionada. Formalizar alianzas estratégicas mediante acuerdos que condicionen transferencia tecnológica a la capacitación de al menos 70 % de capital humano venezolano en sitio.

El desarrollo del CAV adopte principios de autopoiesis institucional, generando redes locales de investigación y manufactura distribuidas territorialmente, de modo que la innovación no dependa de un único centro del subsistema autosostenible del complejo aeroespacial para enfrentar contingencias geopolíticas, económicas o tecnológicas con mayor adaptabilidad asegurando su continuidad en escenarios de incertidumbre.

Crear al más alto nivel del Ejecutivo Nacional, a través del MINCyT y con la participación protagónica de la Fuerza Armada Nacional Bolivariana (FANB), un Consorcio Aeroespacial Venezolano. Este debe integrar necesariamente al IUAC, UMBV; UNEFA; INAC; la ABAE, FUNDACITE, la industria militar (CAVIM) y al menos un aliado tecnológico estratégico.

REFERENCIAS

- Airbus. (2021). *Hydrogen: A vision for future aviation*.
<https://shre.ink/3GCX>
- Ansell, C & Gash, A. (2008). Collaborative governance in theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 18(4), 543–571. <https://shre.ink/3GCCh>
- Arce Rojas, R. S. (2021). Relaciones entre el pensamiento complejo y los sistemas complejos adaptativos. *Simbiótica. Revista Eletrônica*, 8(1), 1–20. <https://shre.ink/3GCj>
- Barnett, R. (2018). *The Ecological University: A Feasible Utopia*. Routledge.
<https://shre.ink/3GCU>
- Barrón Torres, J. G & Sánchez Limón, M. L. (2022). Resiliencia organizacional: una revisión teórica de literatura. *Revista Universidad y Empresa*, 24(42), 1–24. <https://shre.ink/3GCg>
- Becerra, G. (2020). La Teoría de los Sistemas Complejos y la Teoría de los Sistemas Sociales: controversias y diálogos. *Revista Convergencia*, 27. <https://shre.ink/3GCf>
- Becerra, G & Castorina, J. (2016). Epistemología constructivista y sistemas complejos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 27(52).
<https://shre.ink/3GCd>
- Bell, F. (2010). Connectivism: Its place in theory-informed research and innovation in technology-enabled learning. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*,

- 12(3), 98–118. <https://shre.ink/3GC2>
- Blinder, D; y Zubeldía, L (2022). Dossier sobre Soberanía Tecnológica. *Revista Ucronas*.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist*, 26(3–4), 369–398. <https://shre.ink/3GXV>
- Calderón Leyton, E. (2024). Ética y tecnología: Reflexiones sobre un uso responsable y transformador en América Latina. *CUHSO (Temuco)*, 34(1), 356-381. <https://shre.ink/3GXy>
- Cano Gallardo, A., Lara-Rosano, F., Almanza Márquez S. (2020). *Teorías, métodos y modelos para la complejidad social*. Un enfoque de sistemas complejos adaptativos. Comunicación Científica. <https://shre.ink/3GXX>
- Castillo de Mesa, J. (2019). Hacia un modelo de gobernanza en red que asuma la mayor complejidad. *Athenea Digital. Revista De Pensamiento e Investigación Social*, 19(1), e-2350. <https://shre.ink/3GXh>
- Castrejón Ayala, B. (2013). La creación de ventajas competitivas a través del capital humano en una empresa del sector aeroespacial. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro. <https://shre.ink/3GXq>
- Castro Álvarez, Ó. (2023). *La sostenibilidad medioambiental en el sector aeronáutico: Adenda 2022*. Colegio Oficial de Ingenieros Aeronáuticos de España. <https://shre.ink/3GXe>

- Ceceña, A. E. (2004). *Hegemonías y emancipaciones en el siglo XXI*. CLACSO. <https://shre.ink/3GXT>
- Coraggio, J. L. (1993). *La economía social como alternativa*. CICCUS.
- Centre National d'Études Spatiales (CNES). (2020). *Stratégie spatiale française 2020–2025*. <https://shre.ink/3GXc>
- Condliffe, B., Quint, J., Visher, M. G., Bangser, M. R., Drohojowska, S., Saco, L & Nelson, E. (2017). Project-based learning: A literature review. MDRC. <https://shre.ink/3GXl>
- Contreras-Basurto, A; Valenzuela-Ramírez, S y Rivera-Landero, E. (2024). *Aprendizaje basado en proyectos, como estrategia didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. <https://shre.ink/3GX9>
- Dekker, S. (2014). *The field guide to understanding human error*. CRC Press Taylor & Francis Group. <https://shre.ink/3GX1>
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. Kappa Delta Pi. <https://shre.ink/3GZV>
- Díaz Díaz, A. A., y Toscano Moctezuma, J. A. (2022). El capital humano y la productividad de las empresas. *Revista Torreón Universitario*, 11(30), 123–130. <https://shre.ink/3GZv>
- Downes, S. (2007). An introduction to connective knowledge. En H. Burgos (Ed.), *Media, knowledge & education: Exploring new spaces, relations and dynamics in digital media ecologies* (pp. 47–62). Innsbruck University Press.
- Downes, S. (2008). Learning networks and

- connective knowledge. En J. Zhang & M. A. K. Khalil (Eds.), *Proceedings of the 2008 International Conference on Information and Communication Technologies in Education* (pp. 21–30). IADIS Press
- Downes, S. (2012). *Connectivism and connective knowledge: Essays on meaning and learning networks*. National Research Council Canada. <https://shre.ink/3GiR>
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards the circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. <https://shre.ink/3GiF>
- Espíndola Díaz, J. E. (2025). Innovación aeroespacial y la sostenibilidad. *Revista Sistemas*, (174). <https://shre.ink/3GiK>
- Estalayo, A; Gordillo, S; Iglesias, A; y López, M. (2021). *Iniciación al Aprendizaje Basado en Proyectos Claves para su implementación*. Universidad de la Rioja. <https://shre.ink/3GiL>
- Esteva, G. (2010). Soberanía alimentaria: Una propuesta para la humanidad. *El desafío de la soberanía alimentaria* (pp. 15–32). IEPALA. <https://shre.ink/3GiD>
- Edquist, C. (1997). *Systems of innovation: Technologies, institutions and organizations*. London: Pinter Publishers. Transferred to Digital Printing 2006. <https://shre.ink/3GiI>
- Edquist, C. (2004). *Systems of innovation: Perspectives and challenges*. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Eds.), *The Oxford handbook of innovation* (pp. 181–208). Oxford University Press. <https://shre.ink/3GiI>

- Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000) *La dinámica de la innovación: De los sistemas nacionales y el «Modo 2» a una triple hélice de relaciones universidad-industria-gobierno*. Research Policy, 29, 109-123. <https://shre.ink/3Gi9>
- Floridi, L. (2008). The Cambridge Handbook of Information and Computer Ethics. Cambridge University Press. <https://shre.ink/3Gim>
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- García, R. (2000). El conocimiento en construcción: de las formulaciones de Jean Piaget a la teoría de sistemas complejos. Gedisa. <https://shre.ink/3Gy0>
- García, R. (2006). *Teoría de los Sistemas Complejos: Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa Editorial. <https://shre.ink/3GyA>
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. y Trow, M. (1994). *La nueva producción de conocimiento: La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. <https://shre.ink/3Gyf>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://shre.ink/3Gyd>
- Giraldo Martínez, G. (2023). Integración de la Triple Hélice en un ecosistema de innovación para proyectos de I+D+i aeroespaciales de defensa. <https://shre.ink/3Gyl>

- González Rey, F. (2007). *Investigación cualitativa y subjetividad. Los procesos de construcción de la información*. México: Mc Graw-Hill.
- Gudynas, E. (2011). Buen Vivir: Germinando alternativas al desarrollo. *América Latina en Movimiento*, 462, 1–20. <https://shre.ink/3GF6>
- Guerra González, J., Suárez Estrada, M., & Cerratto-Pargman, T. (2022). *Construyendo soberanía digital en América Latina: un análisis de las iniciativas de cuatro colectivos sociales*. Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación, (149), 227–242. <https://surl.li/goqfqh>
- Haraway, D. (1988). Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, 14(3), 575–599. <https://surl.li/ulphah>
- Harwell, S. (1997). Project-based learning. Promising practices for connecting high school to the real word. University of South Florida.
- Hooghe, L., & Marks, G. (2003). Unraveling the central state, but how? Types of multi-level governance. *American Political Science Review*, 97(2), 233–243. <https://surl.li/sqxhjd>
- Howaldt, J., Kaletka, C., & Schröder, A. (2018). *The Routledge companion to social innovation*. Routledge. <https://surl.li/tjyvi>
- Howaldt, J., & Schwarz, M. (2010). *Social innovation: Concepts, research fields and international trends*. Innsbruck University Press.
- Hughes, T. P. (1983). *Networks of power: Electrification in Western society, 1880–1930*. Johns Hopkins University Press.

<https://surl.li/rcpexo>

- Jonas, H. (1995). El principio de responsabilidad. Barcelona, Editorial Herder. <https://surl.lt/ihntlc>
- Kauffman, S. A. (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. New York Oxford University Press.
- Kilpatrick, W. H. (1918). *The project method*. Teachers College Record, 19(4), 319–335. <https://surl.li/wmiopv>
- Kop, R., & Hill, A. (2008). *Connectivism: Learning theory of the future or vestige of the past?* The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 9(3). <https://surl.li/vrmbyp>
- Larmer, J., Mergendoller, J., & Boss, S. (2015). *Setting the standard for project based learning*. ASCD. <https://surl.li/iegorm>
- Lastres, H., y Cassiolato, J. (2005). Innovation and learning in industrial clusters and local systems of innovation in Latin America. <https://surl.lu/wxkzyk>
- Latour, B. (2005). *Reassembling the social: An introduction to actor-network-theory*. Oxford University Press. <https://surl.li/tbmnpr>
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge University Press
- Leff, E. (2006). *Aventuras de la epistemología ambiental: De la articulación de las ciencias al diálogo de saberes*. Siglo XXI Editores. <https://surl.li/fqgxgd>
- Leveson, N. (2011). *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety*. MIT Press. <https://surl.li/hlfqwl>
- Luján Monja, M. (2025). *Ecosistemas de innovación*:

Definición, tipos, ejemplos. Innovar o Morir.
<https://surl.li/bdokog>

Lundvall, B. Å. (Ed.). (1992). *National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning*. Pinter Publishers

Lundvall, B. (2016). Chapter 4. *National systems of innovation: towards a theory of innovation and interactive learning*. En *The Learning Economy and the Economics of Hope*. Anthem Studies in Innovation and Development. <https://surl.li/hclczs>

Martínez Romero, E., y Esparza Olguín L. (2021). *Teorías de Sistemas Complejos: marco epistémico para abordar la complejidad socioambiental*. Intersticios Sociales, núm. 21, pp. 373-398, 2021. <https://surl.lu/klzibj>

Magnaghi, A. (2000). *El proyecto local*. Editorial Nueva Sociedad.

Max-Neef, M., Elizalde, A., y Hopenhayn, M. (1986). *Desarrollo a escala humana: Una opción para el futuro*. Cepaur Fundacion Dag Hammarskjold. <https://surl.li/tkoxne>

Mazzucato, M. (2013). *The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths*. Anthem Press.

Meadows, D. H. (2008). *Thinking in systems: A primer*. Edited by Diana Wright. Sustainability Institute. This book was printed in the UK by TJ International Ltd, an. <https://surl.lt/qhknvn>

Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO. <https://surl.li/aqcfzw>

Morin, E. (2001). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa

- Morin, E. (2004). *La cabeza bien puesta: Repensar la reforma, reformar el pensamiento*. Nueva Visión.
- Morín, E. (2005). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa. <https://surli.cc/nmfqqn>
- Mulgan, G. (2006). *The process of social innovation*. Innovations: Technology, Governance, Globalization, 1(2), 145–162. <https://surl.li/xpzmfr>
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. The belknap press of harvard university press Cambridge Massachusetts and London, England. <https://surl.li/oxojrl>
- Niculescu, B. (1996). Manifiesto de la Transdisciplinarietà ad. Du Rocher. <https://surli.cc/nvbfmw>
- Niculescu, B. (2008). *Transdisciplinarietà: Reconectando la academia con el mundo*, editado por M. Somerville y D. Rappor
- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). (2018). *Manual on implementation of a safety management system (Doc 9859) (4th ed.)*. <https://www.icao.int>
- Piaget, J. (1970). *Genetic Epistemology*. Columbia University Press.
- Phills Jr., J., Deiglmeier, K., & Miller, D. (2008). *Rediscovering Social Innovation*. *Stanford Social Innovation Review*, 6(4), 34–43. <https://surl.lu/pmseef>
- Prebisch, R. (1950). *The economic development of Latin America and its principal problems*. United Nations Department of Economic Affairs. <https://surl.li/ygexvl>

- Prigogine, I. (1997). *The end of certainty: Time, chaos, and the new laws of nature*. Free Press.
<https://surl.it/aczold>
- Quijano, A. (2000). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. En libro: *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas Latinoamericanas*. Edgardo Lander (comp.) CLACSO, Argentina. Julio de 2000. p. 246. <https://surl.li/qucpip>
- Quintero Montaña, W. (2020). La formación en la teoría del capital humano: una crítica sobre el problema de agregación. *Análisis económico*, 35(88), 239-265. <https://surl.li/pnxjmg>
- Ramírez, J. (2020). Destacan importancia de la soberanía tecnológica. <https://surl.li/qrwne>
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate.
- SAE International. (2016). *AS9100D: Quality management systems – Requirements for aviation, space, and defense organizations*. SAE International.
- Rodríguez Zoya, L. G. (2021). *Pensamiento complejo, innovación y construcción de futuro / Complex thinking, innovation and building the future*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Instituto de Investigaciones Gino Germani, Universidad de Buenos Aires. <https://surl.li/nxaukv>
- Salas Vinent, M., Aranda Rodríguez, N., y Aranda Salas, I. (2020). *Formación científica, tecnológica e innovativa transdisciplinaria*. *EduSol*, 20(72). <https://surl.li/rwiwuk>

- Santos, B. (1998). *Reinventar la democracia, reinventar el Estado*. Editorial Nueva Sociedad.
- Santos, B. (2008). *Conocer desde el Sur: Para una cultura política emancipatoria*. Fondo Editorial de la Facultad de Ciencias Sociales, UNMSM. Primera edición, Lima (2006).
<https://surl.lt/gqfqnb>
- Santos, B. (2009). *Una epistemología del sur: La reinención del conocimiento y la emancipación social*. CLACSO / Siglo XXI Editores.
<https://surl.li/fqdbir>
- Santos, B. (2014). *Epistemologies of the South: Justice against epistemicide*. Routledge.
<https://surl.li/bizafh>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press. <https://surl.li/vpgtic>
- Schumpeter, J. (2008). *Capitalismo, socialismo y democracia* (7ª ed.). Folio. (Trabajo original publicado en 1942). <https://surl.li/hfyqnz>
- Senge, P. M. (1990). *The fifth discipline: The art and practice of the learning organization*. Doubleday/Currency.
- Serdyukov, P. (2017). Innovation in education: what works, what doesn't, and what to do about it? *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 10(1), 4-33. <https://surl.li/cepfdo>
- Siemens (2004). *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital*. Traducción: Diego E. Leal Fonseca. Febrero 7, 2007.
<https://surl.li/dsiaxd>
- Siemens, G. (2005). *Connectivism: A learning theory*

- for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2(1), 3–10. <https://surl.li/zhfhhi>
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Ecología institucional, "traducciones" y objetos límite: aficionados y profesionales en el Museo de Zoología de Vertebrados de Berkeley, 1907–39. <https://surl.li/byoysk>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. <https://surl.li/jtzrca>
- Tapia Herrera, D. V., Freire Castañeda, L. E., & Hallo Caiza, E. P. (2025). *Aprendizaje Basado en Proyectos: Un enfoque educativo innovador para una enseñanza activa*. Reincisol, 4(7), 320–341. <https://surl.li/ejyyqt>
- The Young Foundation (2007). *Social Innovation: What it is, why it matters and how it can be accelerated*. Saïd Business School in Oxford. <https://surl.li/uvxaja>
- Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation. <https://surl.li/yziklo>
- Vázquez Barquero, A. *Desarrollo endógeno*. Teorías y políticas de desarrollo territorial Investigaciones Regionales, núm. 11, 2007, pp. 183-210 Asociación Española de Ciencia Regional Madrid, España. <https://surl.li/milmxt>
- Von Bertalanffy, L. (1950). An Outline of General System Theory. *British Journal for the Philosophy of Science*, 1(2), 134-165. <https://surl.li/miiwds>

- Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*. A Touchstone Book, Published by Simon & Schuster. <https://surl.li/vqylkh>
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*. MIT Press. <https://surl.li/fcwbcu>
- Zambrano Briones, M. A., Hernández Díaz, A., & Mendoza Bravo, K. L. (2022). *El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica*. Revista Conrado, 18(84), 172–182. <https://surl.li/zzbahn>



Rigoberto Rojas

Doctor en Ciencias Aeronáuticas
Doctor en Educación y Cambio Social
Magister en Gerencia
Mención Administración
Especialista en Empleo del Poder Aéreo
Especialista en Administración de los
Recursos de la Aviación
Licenciado en Ciencias y Artes Militares
mención Aeronáutica
Director General IUAC-Maracay
rigo290469@gmail.com



Yennys Olivares

Doctora en Ciencias de la Educación
Doctora en Gerencia
Magister en Gerencia mención Administración
Magister en Gerencia Ambiental
Especialista en Derecho Procesal Civil
Ingeniero Agrónomo
Abogada
Jefa de Área de Investigación,
Desarrollo e Innovación
Jefa del Equipo de Trabajo de Postgrado
UNEFA, Maracay
yolivar965@gmail.com

La obra tiene como propósito divulgar el ecosistema formativo-innovador del complejo aeroespacial venezolano, articulando las dinámicas emergentes de sus actores y resignificando sus interacciones hacia una sinergia orientada a la soberanía tecnológica en un contexto multipolar. Desde el pensamiento complejo, los datos revelan un ecosistema formativo en tensión, que requiere una reorganización donde la innovación sea teórico-práctico para transformar la formación, investigación y desarrollo de la aeronáutica venezolana.



ISBN: 978-980-454-059-2



9 789804 540592